

**Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**  
**Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios**  
**Instituto Biológico**  
**Programa de Pós-Graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no**  
**Agronegócio**

**AVALIAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO**  
**CONTROLE DA SARNA DA BATATA CAUSADA POR**  
***Streptomyces* spp.**

**MARIANA PEREIRA APPY**

Dissertação apresentada para obtenção do  
título de Mestre em Sanidade, Segurança  
Alimentar e Ambiental no Agronegócio.  
Área de Concentração: Segurança  
Alimentar e Sanidade no Agroecossistema

**São Paulo**

**2018**

**MARIANA PEREIRA APPY**

**AVALIAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO  
CONTROLE DA SARNA DA BATATA CAUSADA POR  
*Streptomyces* spp.**

Dissertação apresentada para obtenção do  
título de Mestre em Sanidade, Segurança  
Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Área de Concentração: Segurança  
Alimentar e Sanidade no Agroecossistema

Orientadora:

Prof<sup>a</sup>. Dra. Suzete Aparecida Lanza  
Destéfano

**São Paulo**

**2018**

Eu **Mariana Pereira Appy**, autorizo o Instituto Biológico (IB-APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a disponibilizar gratuitamente e sem ressarcimento dos direitos autorais, o presente trabalho acadêmico, de minha autoria, no portal, biblioteca digital, catálogo eletrônico ou qualquer outra plataforma eletrônica do IB para fins de leitura, estudo, pesquisa e/ou impressão pela Internet desde que citada a fonte.

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**  
**Núcleo de Informação e Documentação – IB**

---

Appy, Mariana Pereira.

Avaliação de produtos químicos e biológicos no controle da sarna da batata causada por *Streptomyces* spp. / Mariana Pereira Appy. - São Paulo, 2018.  
113 p.

doi: 10.31368/PGSSAAA.2018.D.MA010

Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Linha de pesquisa: Manejo integrado de pragas e doenças em ambientes rurais e urbanos.

Orientador: Suzete Aparecida Lanza Destéfano.

Versão do título para o inglês: Evaluation of chemical and biological products in the control of potato scab.

1. *Streptomyces* spp 2. Controle químico 3. Controle biológico 4. Antagonismo  
5. Promoção de crescimento I. Appy, Mariana Pereira II. Destéfano, Suzete  
Aparecida Lanza III. Instituto Biológico (São Paulo) IV. Título.

IB/Bibl./2018/010

---

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Mariana Pereira Appy

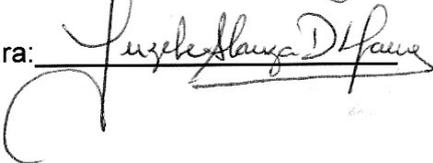
Título: Avaliação de produtos químicos e biológicos no controle da sarna da batata causada por *Streptomyces* spp.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio do Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Aprovado em: 19/06/2018

Banca Examinadora

Prof. Dr. Suzete A.L. Destéfano Instituição: Instituto Biológico

Julgamento: Aprovada Assinatura: 

Prof. Dr. José Eduardo M. Almeida Instituição: Instituto Biológico

Julgamento: Aprovada Assinatura: 

Prof. Dr. Luís Garigós Leite Instituição: Instituto Biológico

Julgamento: Aprovada Assinatura: 

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Claude e Cidinha pelo apoio em todos os momentos da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

À Profa. Dra. Suzete Aparecida Lanza Destéfano, pelo exemplo de pessoa e profissional, por toda dedicação e carinho, por todos os ensinamentos, pela parceria e confiança, em todos esses anos.

Aos membros da banca de qualificação e defesa: Dr. Wagner Bettiol, Dr. José Eduardo Marcondes de Almeida, Dr. Luís Garrigós Leite por todas as sugestões e observações valiosas que enriqueceram o trabalho.

Ao Dr. César Júnior Bueno, Dr. Júlio Rodrigues Neto e Dr. Luís Otávio Saggion Beriam por toda atenção e auxílio para tirar minhas dúvidas.

À Associação Brasileira da Batata (ABBA), pelo apoio e fornecimento de material para a realização do projeto, em especial ao engenheiro agrônomo Natalino Yassushi Shimoyama.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Mestrado.

Aos meus amigos do Laboratório de Bacteriologia Vegetal, por todos os aprendizados e contribuição para tornar esse trabalho possível: Suzete e Daniele por todos os ensinamentos desde a iniciação científica, me dando a base necessária e me inspirando diariamente; Alex, Bárbara, Marcel, Harielly e Mariana por toda parceria e disponibilidade em me ajudar em qualquer momento; Julia pela execução dos testes de potencial antagônico.

À minha querida amiga de faculdade e mestrado Bárbara por todos os momentos e todo carinho. Agradeço muito a sua amizade e parceria, tenho toda admiração pela pessoa que você é, muito obrigada!

Lelix e Marchels, por todas as brincadeiras e momentos de distração, tornando meus dias muito mais divertidos.

Às minhas amigas Hari e Mari, por todas as dicas, broncas, ajudas e conselhos, por serem pessoas tão maravilhosas.

Aos amigos e amigas que não participaram diretamente do desenvolvimento desse trabalho, mas que são pessoas essenciais na minha vida. Em especial duas amigas: Moita e Chica, por todos os momentos,

conversas, paciência e carinho, com vocês aprendo diariamente o que é parceria.

À minha família pela compreensão e incentivo, por fazerem parte de todo o meu crescimento pessoal, me apoiando em todas as decisões e momentos. Sou muito grata por ter o privilégio de ter uma família tão linda e especial, agradeço muito por todo amor, carinho e paciência.

Aos meus irmãos, Lou, Tai e Doca, por todas as brincadeiras, parceria, momentos bons e ruins que me fizeram crescer e me ensinaram a ser uma pessoa melhor. Por toda a união que temos e vamos ter ao longo de nossas vidas. Amo vocês de uma maneira inexplicável!

Aos meus pais, por todas as oportunidades, educação, carinho e amor. Vocês são e sempre vão ser o meu porto seguro, aqueles que querem me ver e ajudar a crescer, as pessoas que eu admiro e me espelho. Muito obrigada por tudo mesmo, principalmente por acreditarem sempre que eu sou capaz, me levantando e me inspirando a não desistir e correr atrás dos meus sonhos. Amo vocês.

APPY, Mariana Pereira. **Avaliação de produtos químicos e biológicos no controle da sarna da batata**. 2018. 113 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo 2018.

## RESUMO

Diversas regiões produtoras de batata sofrem com problemas fitossanitários responsáveis por perdas significativas e elevação no custo da cultura. Dentre estes problemas está a sarna da batata, causada por bactérias do gênero *Streptomyces*. Devido ao grande problema com a doença e resultados limitados para seu controle, o presente estudo teve como objetivo avaliar produtos químicos e biológicos no controle da doença. Foram testados os efeitos de produtos comerciais químicos Frowncide 500 SC<sup>®</sup>, Zignal<sup>®</sup>, Rovral<sup>®</sup>, Galben M<sup>®</sup>, Mancozeb<sup>®</sup> e Moncut<sup>®</sup> e biológicos Serenade<sup>®</sup> e Quartzo<sup>®</sup> na inibição do crescimento de linhagens de *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). Nos testes *in vitro*, a linhagem IBSBF 2959 foi inoculada no meio YME e os produtos em diferentes concentrações foram adicionados em discos antibiograma colocados no centro da placa sobre o meio de cultivo. Os efeitos dos tratamentos foram determinados a partir da medida dos halos de inibição. Os produtos que apresentaram os melhores resultados sobre a inibição de crescimento do patógeno foram Frowncide 500 SC<sup>®</sup> na dose de 2 L/100 L (60,29%) e Serenade<sup>®</sup> na dose de 5 L/100 L (56,65%). Nos testes *in vivo* (casa de vegetação), tubérculos-semente de batata da cultivar Ágata foram plantados em vasos de 3 L previamente inoculados com a bactéria. Os produtos foram aplicados nos sulcos e amontoa por meio de aspersão. Após três meses, as

batatas foram colhidas e avaliadas quanto ao aparecimento dos sintomas de sarna. O produto Frowncide 500 SC<sup>®</sup> suprimiu em 94% o aparecimento de lesões causadas por *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) e 67% para *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) O produto Serenade<sup>®</sup> apresentou redução de 87% da área de lesão nos testes com *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) e 76% nos testes com *S. scabiei* (IBSBF 2950). Também foi analisado o efeito do tratamento de tubérculos-semente com organismo considerado promotor de crescimento (*Bacillus subtilis* IBSBF 898 e 896). Nesses experimentos a linhagem de *Bacillus subtilis* IBSBF 896 promoveu o crescimento da parte aérea da planta em 35,82%, porém, não promoveu controle da doença. Já a linhagem IBSBF 898 foi capaz de promover o crescimento em 29,10% e controlou a doença em 86%.

Palavras chaves: *Streptomyces* spp., controle químico, controle biológico, antagonismo, promoção de crescimento.

APPY, Mariana Pereira. **Evaluation of chemical and biological products in the control of potato scab**. 2018. 113 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo 2018.

## **ABSTRACT**

Several potato producing areas suffer with phytosanitary problems which are responsible for significant losses and higher crops costs. Among these problems potato scab, caused by bacteria of the genus *Streptomyces*, is one of the most important. Due to great problems with this disease and limited results for its control, the present study aimed to evaluate chemical and biological products for disease control. The effects of commercial chemical products Frowncide 500 SC<sup>®</sup>, Zignal<sup>®</sup>, Rovral<sup>®</sup>, Galben M<sup>®</sup>, Mancozeb<sup>®</sup> e Moncut<sup>®</sup> and biological products Serenade<sup>®</sup> e Quartzo<sup>®</sup> were tested for *Streptomyces* strains (IBSBF 2950 e 2959) growth inhibition. In the *in vitro* tests, the strain IBSBF 2959 was inoculated on YME medium and different concentrations of the products were added on antibiogram disks and placed in the center of the plate on the inoculated culture medium. The treatments effects were determined from the measurement of the inhibition halos. The products that showed the best results on the growth inhibition of the pathogen were Frowncide 500 SC<sup>®</sup> at the dose of 2 L/100 L (60,29%) and Serenade<sup>®</sup> at the dose 5 L/100 L (56,65%). In the *in vivo* tests (greenhouse), tuber seeds of Agata cultivar were planted in 3L vases previously inoculated with the bacterium. The products were applied in the groove at the moment of planting and in the heap by sprinkling. After three months, the potatoes were harvested and evaluated for scab symptoms. The product Frowncide 500 SC<sup>®</sup> suppressed by 94% the appearance of lesions caused by *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) and 67% for *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). The Serenade<sup>®</sup> product showed a reduction of 87% of the lesion area in *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) and 76% in *S. scabiei* (IBSBF 2950) assays. It was also analyzed the effect of tuber seeds treatment with organism considered growth promoter (*Bacillus subtilis* IBSBF 898 e 896). In these experiments the *Bacillus subtilis* IBSBF 896 strain promoted growth of the aerial part of the plant

in 35.82%, but did not promote disease control. Yet the IBSBF 898 strain was able to promote growth in 29.10% and control the disease in 86%.

Keywords: *Streptomyces* spp., chemical control, biological control, antagonism, growth promotion.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diferentes tipos de sintomas de sarna da batata.....	9
<b>Figura 2.</b> Ciclo da sarna da batata.....	12
<b>Figura 3.</b> Escala diagramática para avaliação de percentual de área do tubérculo cobertas por lesões de sarna (James, 1971), modificado por Garcia (2008).....	32
<b>Figura 4.</b> Efeito do produto Frowncide 500 SC <sup>®</sup> sobre o crescimento de <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	36
<b>Figura 5:</b> Gráfico de regressão polinomial do produto Frowncide 500 SC <sup>®</sup> , média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de R <sup>2</sup> .....	37
<b>Figura 6.</b> Efeito do produto Zignal <sup>®</sup> sobre o crescimento da <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	39
<b>Figura 7.</b> Gráfico de regressão linear do produto Zignal <sup>®</sup> , média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de R <sup>2</sup> .....	40
<b>Figura 8.</b> Efeito do produto Rovral <sup>®</sup> sobre o crescimento da <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	41
<b>Figura 9.</b> Gráfico de regressão polinomial do produto Rovral <sup>®</sup> , média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de R <sup>2</sup> .....	42
<b>Figura 10.</b> Efeito do produto Galben M <sup>®</sup> sobre o crescimento da <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	43
<b>Figura 11.</b> Gráfico de regressão polinomial do produto Galben M <sup>®</sup> , média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de R <sup>2</sup> .....	44
<b>Figura 12.</b> Efeito do produto Mancozeb <sup>®</sup> sobre o crescimento da <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	46

<b>Figura 13.</b> Gráfico de regressão polinomial do produto Mancozeb <sup>®</sup> , média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de R <sup>2</sup> .....	47
<b>Figura 14.</b> Efeito do produto Moncut <sup>®</sup> sobre o crescimento da <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	48
<b>Figura 15.</b> Experimentos com o produto Serenade <i>in vitro</i> .....	49
<b>Figura 16.</b> Teste do efeito do produto Serenade sobre o crescimento da <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	50
<b>Figura 17.</b> Gráfico de regressão polinomial do produto Serenade <sup>®</sup> , média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de R <sup>2</sup> .....	51
<b>Figura 18.</b> Efeito do produto Quartzo sobre o crescimento da <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	52
<b>Figura 19.</b> Gráfico de regressão polinomial do produto Quartzo <sup>®</sup> , média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de R <sup>2</sup> .....	53
<b>Figura 20.</b> Teste de patogenicidade <i>in vivo</i> Frowncide <sup>®</sup> x <i>Streptomyces scabiei</i> (IBSBF 2950).....	57
<b>Figura 21.</b> Teste de patogenicidade <i>in vivo</i> Frowncide <sup>®</sup> x <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	60
<b>Figura 22.</b> Teste de patogenicidade <i>in vivo</i> Serenade <sup>®</sup> x <i>Streptomyces scabiei</i> (IBSBF 2950).....	63
<b>Figura 23.</b> Teste de patogenicidade <i>in vivo</i> Serenade <sup>®</sup> x <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959).....	66
<b>Figura 24.</b> Teste de pareamento de culturas utilizando a linhagem de <i>B. subtilis</i> (IBSBF 896) contra a linhagem de <i>S. scabiei</i> (IBSBF 2950).....	68
<b>Figura 25.</b> Teste de pareamento de culturas utilizando a linhagem de <i>B. subtilis</i> (IBSBF 896) contra a linhagem de <i>Streptomyces</i> sp (IBSBF 2959).....	68

- Figura 26.** Teste de pareamento de culturas utilizando a linhagem de *B. subtilis* (IBSBF 898) contra a linhagem de *S. scabiei* (IBSBF 2950).....69
- Figura 27.** Teste de pareamento de culturas utilizando a linhagem de *B. subtilis* (IBSBF 898) contra a linhagem de *Streptomyces* sp (IBSBF 2959).....69
- Figura 28.** Teste de promoção de crescimento em casa de vegetação empregando-se as linhagens de *Bacillus subtilis* (IBSBF 896 e 898).....70

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Linhagens de <i>Streptomyces</i> utilizadas nesse estudo.....	27
<b>Tabela 2.</b> Produtos químicos e biológicos, dosagens utilizadas nesse estudo...	28
<b>Tabela 3.</b> Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Frowncide 500 SC®.....	37
<b>Tabela 4.</b> Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Zignal®.....	40
<b>Tabela 5.</b> Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Rovral®.....	42
<b>Tabela 6.</b> Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de <i>Streptomyces</i> (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Galben M®.....	44
<b>Tabela 7.</b> Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Mancozeb®.....	46
<b>Tabela 8.</b> Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959) diferentes concentrações do produto Serenade®.....	50
<b>Tabela 9.</b> Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de <i>Streptomyces</i> sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Quartzo®.....	53

- Tabela 10.** Tratamentos e nota atribuída aos sintomas causados por *S. scabiei* (IBSBF 2950) e a porcentagem de lesões presentes nos tubérculos após aplicação do produto Frowncide® (teste *in vivo*).....56
- Tabela 11.** Tratamentos e nota atribuída aos sintomas causados por *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) e a porcentagem de lesões presentes nos tubérculos após aplicação do produto Frowncide® (teste *in vivo*).....59
- Tabela 12.** Tratamentos, quantidade e peso dos tubérculos obtidos em cada vaso (7 repetições) e nota atribuída aos sintomas causados por *S. scabiei* (IBSBF 2950) e a porcentagem de lesões presentes nos tubérculos após aplicação do produto Serenade® (teste *in vivo*).....62
- Tabela 13.** Tratamentos, quantidade e peso dos tubérculos obtidos em cada vaso (7 repetições) e nota atribuída aos sintomas causados por *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) após aplicação do produto Serenade® (teste *in vivo*).....65
- Tabela 14.** Massa média de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de plantas de batata, inoculadas com as linhagens de *Bacillus subtilis* e porcentagem de aumento de massa seca.....71
- Tabela 15.** Tratamentos e nota atribuída aos sintomas causados por *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) após aplicação do *Bacillus subtilis* (IBSBF 896).....72
- Tabela 16.** Tratamentos e nota atribuída aos sintomas causados por *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) após aplicação do *Bacillus subtilis* (IBSBF 898).....73

**LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>°C</b>	graus Celsius
<b>µL</b>	microlitro
<b>A</b>	área
<b>ABBA</b>	Associação Brasileira da Batata
<b>AIA</b>	ácido indol acético
<b>B.</b>	<i>Bacillus</i>
<b>BPCP</b>	Bactérias promotoras de crescimento de plantas
<b>Ca<sup>++</sup></b>	cálcio
<b>cm</b>	centímetro
<b>cv.</b>	Cultivar
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations
<b>g</b>	gramas
<b>H<sup>+</sup></b>	hidrogênio
<b>ha</b>	hectare
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IBSBF</b>	Coleção de Culturas de Fitobactérias do Instituto Biológico
<b>ISP</b>	International <i>Streptomyces</i> Project
<b>L</b>	litro
<b>MAPA</b>	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
<b>mm</b>	milímetro
<b>NA</b>	Nutriente ágar
<b>PDA</b>	Potato Dextrose ágar
<b>pH</b>	Potencial hidrogeniônico

<b>PICR</b>	Porcentagem de inibição de crescimento
<b>ppm</b>	partes por milhão
<b>qsp</b>	quantidade suficiente para
<b>RNAr</b>	ácido ribonucleico ribossomal
<b>S.</b>	<i>Streptomyces</i>
<b>t</b>	tonelada
<b>T.</b>	<i>Trichoderma</i>
<b>YME</b>	Yeast Malt Extract

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	xiii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
<b>2.1. A cultura da Batata</b> .....	3
<b>2.2. O gênero <i>Streptomyces</i> e as espécies associadas à sarna da batata</b> .....	5
<b>2.3. Sarna da batata</b> .....	9
<b>2.4. Ciclo da doença</b> .....	11
<b>2.5. Controle da sarna da batata</b> .....	13
2.5.1. Cultivares resistentes.....	13
2.5.2. Uso de batata semente certificada .....	15
2.5.3. Tratamento dos tubérculos .....	15
2.5.4. Irrigação .....	16
2.5.5. Rotação de culturas .....	17
2.5.6. Acidificação do solo .....	18
2.5.7. Controle Químico.....	19
2.5.8. Controle Biológico .....	21
2.5.9. <i>Bacillus subtilis</i> .....	23
2.5.10. Promoção de crescimento em plantas por <i>Bacillus subtilis</i> .....	24
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	26
<b>3.1. Objetivo Geral</b> .....	26
<b>3.2. Objetivos Específicos</b> .....	26
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	27

4.1. Linhagens.....	27
4.2. Produtos Químicos e Biológicos comerciais .....	28
4.3. Avaliação de produtos químicos e biológicos comerciais na inibição do crescimento de linhagens de <i>Streptomyces</i> associadas à sarna da batata – Testes <i>in vitro</i> .....	30
4.4. Avaliação de produtos químicos e biológicos comerciais para controle da sarna da batata - Testes <i>in vivo</i> (casa de vegetação).....	31
4.5. Potencial antagônico de linhagens de <i>Bacillus subtilis</i> no controle da sarna da batata .....	33
4.6. Avaliação do efeito do tratamento de tubérculos-semente com microrganismo promotor de crescimento ( <i>Bacillus subtilis</i> ) sobre a incidência da sarna da batata.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1. Avaliação de produtos químicos e biológicos comerciais na inibição do crescimento de linhagens de <i>Streptomyces</i> associadas à sarna da batata - Testes <i>in vitro</i> .....	36
5.1.1. Produtos químicos.....	36
5.1.2. Produtos Biológicos .....	49
5.2. Avaliação de produtos químicos e biológicos comerciais para controle da sarna da batata – Testes <i>in vivo</i> (casa de vegetação).....	55
5.2.1. Produto químico.....	55
5.2.2. Produto Biológico .....	61
5.3. Potencial antagônico de linhagens de <i>Bacillus subtilis</i> no controle de <i>Streptomyces</i> .....	67
5.4. Avaliação do efeito do tratamento de tubérculos-semente com microrganismo promotor de crescimento ( <i>Bacillus subtilis</i> ) sobre a incidência da sarna em batata – Testes <i>in vivo</i> (casa de vegetação).....	70
6. CONCLUSÕES.....	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

## 1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é cultivada há mais de 7.000 anos, sendo originária da região dos Andes e difundida para diversos países devido principalmente à sua importante característica nutricional, fácil cultivo e alto rendimento (LOPES; BUSO, 1997). Atualmente, é a terceira cultura alimentar mais importante do planeta (IPC, 2018), e a primeira commodity não grão (PEREIRA; SUINADA, 2016).

Sua produção está em crescente aumento no país e no mundo. De acordo com o IBGE em 2017 foram produzidos, aproximadamente, 3,9 milhões de toneladas de batata. Porém, sua produção sofre com vários fatores limitantes, dentre eles estão os problemas fitossanitários, responsáveis por perdas significativas e elevação nos custos da cultura. Diversas doenças causadas por bactérias, fungos, nematoides, vírus, insetos e pragas, atingem as plantações de batata, causando danos em todas as partes da planta (MULDER; TURKENSTEEN, 2005). Dentre as doenças bacterianas mais ocorrentes nas regiões produtoras do Brasil está a sarna da batata causada por diferentes espécies do gênero *Streptomyces*, caracterizada por lesões na superfície do tubérculo, que levam à diminuição do seu valor comercial ou até impede sua comercialização, tanto para consumo como para uso como batata semente (CORRÊA, 2011).

As tentativas de controle dessa doença têm sido efetuadas de várias maneiras, como utilização de produtos químicos, irrigação do solo após o início da tuberização, adição de matéria orgânica ao solo, tolerância de variedades, aumento da acidez do solo, rotação de culturas, controle biológico e nutrição das plantas (BRISOLLA, et al., 2002). Dessa forma, trabalhos visando o controle da sarna estão descritos na literatura mundial, entretanto, os resultados obtidos são limitados ou não conclusivos, devido às condições de cultivo da batata e a complexidade de fatores envolvidos no processo da doença, tais como a densidade de inóculo no solo, espécie do patógeno envolvida, variedades de batata e condições ambientais de umidade, temperatura, pH do solo, entre outros (ZAMBOLIM et al., 2011).

Com a grande frequência da ocorrência da sarna no cultivo da batata no Brasil, o produtor vem procurando estratégias para controlar a doença, e a variabilidade patogênica das diferentes espécies de *Streptomyces* descritas tem dificultado a obtenção de sucesso dos vários métodos empregados. Conseqüentemente, na maioria das vezes, o produtor utiliza como alternativa o controle químico. Embora existam trabalhos na literatura mundial sobre o controle químico da sarna causada por *Streptomyces* patogênicas, não há estratégias totalmente eficientes baseadas na utilização de defensivos, uma vez que os compostos químicos utilizados atualmente têm mostrado variação em seu grau de eficácia (HOSNY et al, 2014).

Com relação ao controle biológico da sarna, há relatos da utilização de antagonistas como: *Streptomyces melanosporofaciens*, *S. diastatochromogenes*, *S. albidoflavus* (DOUMBOU et al., 2001), *Bacillus* sp. (KIM et al., 2008; HAN et. al., 2005), *Pseudomonas* sp. (ST-ONGE et al., 2011), e *Trichoderma* sp. (LOBO JÚNIOR et al., 2009). Entretanto, os resultados obtidos não foram conclusivos. É importante ressaltar que, até o momento, os métodos de controle biológico empregados não se mostraram efetivos se aplicados isoladamente, ou seja, a recomendação é que eles sejam aplicados em combinação com outras formas de manejo da doença.

Uma outra estratégia de biocontrole é a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). Essas bactérias são residentes epifíticas ou endofíticas, não patogênicas, que atuam diretamente promovendo o crescimento ou indiretamente como agentes de controle biológico de doenças de plantas (COMPANT et al., 2005).

Devido ao grande problema com a doença e dificuldade no seu controle, o presente estudo tem por objetivo avaliar o efeito de produtos químicos e biológicos para o controle da sarna da batata causada por *Streptomyces* spp.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A cultura da Batata

Originária da região dos Andes, a batata (*Solanum tuberosum* L.) foi difundida mundialmente e atualmente é considerada a terceira principal cultura alimentar no mundo após o arroz e o trigo (IPC, 2018). Possui grande importância na dieta alimentar de vários países, por causa de sua característica nutricional, sendo considerada a segunda maior fonte de nutrientes para a humanidade, superada apenas pelo ovo. Além disso, é um alimento de fácil cultivo e apresenta alto rendimento por área plantada (FAO, 2010).

A produção mundial de batata vem crescendo ano após ano. De acordo com dados da FAO, em 2015, foram produzidas 377 milhões de toneladas, sendo os maiores países produtores: China, Índia e Rússia, responsáveis por 45% da produção mundial. O Brasil assume a 21ª posição e segundo lugar como produtor da América Latina, após o Peru, responsável por aproximadamente 1% da produção mundial (FAO, 2015).

Em 2017, a produção brasileira foi de 3,9 milhões de toneladas (t) de batata no ano, já na estimativa feita pelo IBGE para o ano de 2018 a produção deve aumentar 4,2% devido a fatores como aumento da área de plantio, avanços tecnológicos, profissionalização dos produtores e melhorias nas condições de cultivo (nutrição e irrigação) e ainda a melhoria na qualidade da batata semente (IBGE, 2018). Essa cadeia produtiva envolve um elevado número de recursos e significativa mão de obra, gerando em torno de 300 mil empregos no Brasil, tanto no campo quanto nas indústrias (NIEDERHEITMANN, 2015).

De acordo com a associação brasileira da batata (ABBA), o agronegócio da batata no Brasil envolve em torno de 5 mil produtores em 30 regiões dos sete principais estados produtores brasileiros. Os estados do Sudeste e Sul representam cerca de 89% da produção brasileira, sendo Minas Gerais o maior produtor, seguindo do Paraná e São Paulo (IBGE, 2017).

Grande parte da produção nacional é usada para a comercialização *in natura*, onde 10 % é destinada para o mercado de batata processada, nas formas de pré-frita congelada, chips e batata palha (FAO, 2010). Mas, a demanda tende a aumentar, devido à mudança dos hábitos da população, onde os produtos de preparo mais rápido estão sendo cada vez mais procurados (PEREIRA; SUINAGA, 2016).

O consumo de batata chips e batata palha apresentam pouco crescimento de consumo, e com essa demanda, toda batata processada nessas formas é produzida no país. No caso da batata pré-frita congelada, apenas 26% do consumo nacional é abastecido com produto brasileiro, sendo 74% importados da Argentina e países da União Européia (PEREIRA; SUINAGA, 2016).

A bataticultura brasileira é caracterizada pela dependência de cultivares de países de clima temperado. Mesmo apresentando ótima aparência e boa aceitação pelos produtores e consumidores, os tubérculos apresentam problemas de adaptação às condições tropicais do país (MENEZES et al., 2001). O clima tropical contribui para a redução da produtividade, principalmente por favorecer o desenvolvimento mais rápido de populações de patógenos (NIEDERHEITMANN, 2015). Dessa forma, os problemas fitossanitários causam perdas significativas, causando a elevação nos custos de produção. A cultura é suscetível a inúmeras pragas e doenças causadas por insetos, nematoides, vírus, fungos e bactérias, causando danos tanto na parte aérea da planta como na parte subterrânea (FIERS et al., 2012). Dentre as doenças bacterianas de maior importância vale citar a murcha bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum*, a podridão mole, causada por *Pectobacterium* spp.; e a sarna da batata, causada por bactérias pertencentes ao gênero *Streptomyces* (HOOKER, 1981).

## 2.2. O gênero *Streptomyces* e as espécies associadas à sarna da batata

Taxonomicamente, o gênero *Streptomyces* pertence à família Streptomycetaceae, ordem Actinomycetales, classe Actinobacteria. Atualmente esse gênero está composto por 820 espécies identificadas que, em sua maioria, são consideradas saprófitas viventes no solo (EUZÉBY, 2013).

Esses organismos são aeróbicos, Gram positivos, formadores de micélio, com longas cadeias de conídios e possuem formação de esporos. A rede de filamentos secreta enzimas catabólicas que degradam o substrato orgânico quebrando-o em nutrientes assimiláveis que promovem o crescimento da colônia. A falta de nutrientes e outros fatores ambientais ativam o desenvolvimento de hifas aéreas, que se fragmentam formando uma cadeia de esporos. Os esporos são resistentes e podem ser disseminados através da água ou por animais presentes no solo. Esses esporos germinam independentemente de nutrientes e formam micélios ramificados, completando o ciclo de vida da bactéria (LORIA; KERS; JOSHI, 2006).

A cadeia de esporos de *Streptomyces* pode apresentar diferentes formatos e os esporos, podem apresentar diferentes colorações, sendo importantes características taxonômicas das espécies (SHIRLING; GOTTLIEB, 1966).

Os estreptomicetos possuem distribuição mundial comparados a outros micro-organismos encontrados na natureza e têm enorme importância na formação da matéria orgânica, pois produzem enzimas hidrolíticas responsáveis por degradar polímeros derivados de animais e plantas, facilitando o ciclo do carbono (LORIA; KERS; JOSHI, 2006).

Espécies desse gênero são conhecidas pela produção de metabólitos secundários biologicamente ativos de interesse biotecnológico, como antibióticos, antifúngicos e agentes antitumorais. Além disso, algumas espécies podem ser utilizadas como controle biológico por meio de inibição de

crescimento de fungos e bactérias fitopatogênicas (COMPARONI, 2015; EVANGELISTA-MARTINEZ, 2014; HILTUNEN; VALKUNEN, 2011; LIU; ANDERSON; KINKEL, 1995; SILVA et al., 2013; WANNER et al., 2014).

A primeira espécie descrita como causadora da sarna foi ***S. scabiei*** (sin. *S. scabies*) (LAMBERT; LORIA, 1989a). Presente em todas as regiões produtoras do mundo, principalmente em solos secos, de neutros a alcalinos, e é considerada a espécie patogênica dominante (CORRÊA, 2011). Essa espécie causa sintomas de sarna comum, apresentando filamentos miceliais finos, aéreos e ramificados a partir de um eixo central, possui cadeias de esporos espiraladas e de coloração cinza. Possui linhagens produtoras de pigmentos melanóides em meio de cultura contendo tirosina e utilizam todos os carboidratos estabelecidos pelo ISP (International *Streptomyces* Project) (SHIRLING; GOTTLIEB, 1966; BOUCHEK-MECHICHE et al., 2000).

Outra espécie importante é a ***S. acidiscabies***, tem como característica principal o poder de crescimento em substrato com pH baixos, causando a doença em tubérculos cultivados em regiões que possuem os solos ácidos. Foi detectada na região de Maine (Canadá), em 1953, ocorrendo em solos com valores de pH 4,5 (BONDE; McINTYRE, 1968; MANZER; McINTYRE; MERRIAM, 1977). *S. acidiscabies* também foi descrita em outros países, como o Japão, e atualmente está distribuída no mundo (LORIA; KERS; JOSHI, 2006). Possui micélios aéreos ramificados de cadeias flexuosas com esporos de coloração branca, rósea ou amarelo-palha. Não são produtoras de pigmentos melanóides, porém produzem pigmento solúvel vermelho em pH maior que 8,3. Dos carboidratos que estão descritos na ISP, o único não utilizado para seu crescimento é a rafinose (LAMBERT; LORIA 1989b).

Ainda, a espécie ***S. caviscabies*** foi observada por Faucher, Savard e Beaulieu (1992) e por Faucher e colaboradores (1995), causando sintomas de “sarna profunda” na região de Quebec, Canadá. Apresenta micélios aéreos de cadeias do tipo flexuosa, apresentando esporos de coloração branca e amarelada, não produz melanina, e não consegue se desenvolver em solos em torno de pH 4,5. Utiliza apenas a rafinose como fonte de carbono para o seu crescimento de acordo com o ISP. E difere-se geneticamente das demais espécies de *Streptomyces* já descritas (GOYER; FAUCHER; BEAULIEU, 1996).

De acordo com Liu e colaboradores (2005), análises de sequências do gene 16S RNAr demonstraram que *S. caviscabies*, ***S. setonii*** (MILLARD; BURR, 1926) e ***S. griseus*** (KRAINSKY, 1914) pertencem a mesma espécie genômica com características morfológicas e quimiotaxonômicas em comum, ou seja, foram consideradas sinônimos.

A espécie ***S. turgidiscabies*** foi descrita ocorrendo na Ilha de Hokkaido (Japão) em 1995 (TANAKA et al., 1995) e posteriormente foi descrita por Miyajima e colaboradores (1998). Os sintomas são do tipo erupvente, e assemelha-se à sarna comum, produzindo um tipo de hipertrofia dos tecidos, de modo a formar erupções (elevações) na superfície dos tubérculos infectados (RODRIGUES NETO; DESTÉFANO; SHIMOYAMA, 2008). Essa espécie apresenta micélios aéreos com ramificações formando cadeias de esporos flexuosas e de coloração cinza. Não produz pigmentos melanóides ou outros pigmentos difusíveis e utiliza todos os carboidratos (ISP) como fonte de carbono. Assim como *S. acidiscabies*, essa espécie é tolerante a solos que possuem pH ácido (MIYAJIMA et al., 1998).

Outra espécie fitopatogênica, ***S. reticuliscabiei***, foi isolada na França e descrita por Bouček-Mechiche e colaboradores (2000). Responsável por causar a sarna reticulada. Possui esporos de coloração cinza e cadeias flexuosas, não produz melanina e utiliza todos os açúcares ISP como fonte de carbono (BOUCHEK-MECHICHE et al., 2000).

Ao analisar linhagens com características morfológicas e fisiológicas semelhantes à de *S. scabiei*, Bouček-Mechiche e colaboradores (2000) demonstraram que haviam linhagens que eram fenotipicamente heterogêneas e assim as dividiram em três genomoespécies, *S. scabiei*, ***S. europaeiscabiei*** e ***S. stelliscabiei***. As linhagens apresentavam características morfológicas semelhantes, porém se diferenciavam em algumas características bioquímicas.

*Streptomyces europaeiscabiei* foi descrita na França (BOUCHEK-MECHICHE et al., 2000) e relatada em diferentes países Europeus. Estando presente também no Canadá, Coréia do sul e Estados Unidos (SONG et al., 2004; WANNER, 2006). Essa espécie possui esporos de coloração cinza em cadeias espiraladas, é produtora de melanina em meio tirosina e utiliza todos os

carboidratos ISP para o seu desenvolvimento. Além de tubérculos de batata, esta espécie também foi isolada em beterraba, cenoura e rabanete (BOUCHEK-MECHICHE et al., 2000).

*Streptomyces stelliscabiei* e *S. europaeiscabiei* possuem características muito semelhantes, entretanto, a *S. stelliscabiei* foi isolada de lesões de sarna comum em forma de estrela em tubérculos de batata na França (BOUCHEK-MECHICHE et al., 2000).

O avanço das técnicas em biologia molecular, possibilitou caracterizar outras três novas espécies de *Streptomyces*: ***S. luridiscabiei***, ***S. puniscabiei*** e ***S. niveiscabiei***, isoladas na Coreia do Sul, induzindo sintomas de lesões erumpentes em batata cultivada em solos ácidos (PARK et al., 2003). A espécie *S. luridiscabiei* apresenta esporos de coloração amarelo claro em cadeias flexuosas simples e retas; *S. puniscabiei* produz esporos alaranjados, em cadeias retas e *S. niveiscabiei* produz esporos brancos e cadeias de esporos simples, flexuosas e retas. Essas espécies utilizam todos os carboidratos do ISP. Somente a espécie *S. niveiscabiei* não produz melanina.

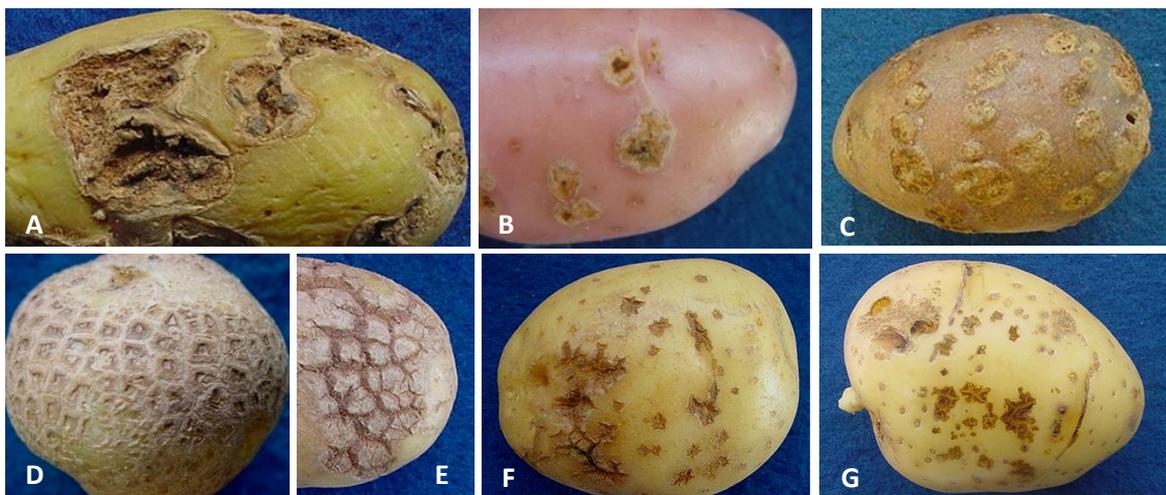
Descrita por PERSON; MARTIN, (1940) e WAKSMAN; HENRICI, (1948), a ***S. ipomoeae*** é causadora da sarna em batata-doce (LABEDA; LYONS, 1992). Essa espécie apresenta esporos de cadeias curtas espiraladas abertas envolvidas por uma bainha e são de coloração azul em meio de cultivo SGM. Distinta tanto morfológica quanto fisiologicamente de outras espécies causadoras da sarna. Enquanto *S. scabiei* e *S. acidiscabies* são patógenos de batata e de outras culturas, *S. ipomoeae* é específica de batata doce e outros membros da família Convolvulaceae (SCHAAD; JONES; CHUN, 2001).

Há, ainda, a espécie ***S. aureofaciens***, considerada um organismo de solo, mas que eventualmente pode incitar doença em batata, causando lesões superficiais. Já ***S. sampsonii*** é considerada saprófita, porém já foi isolada de lesões em tubérculos (SCHAAD; JONES; CHUN, 2001).

### 2.3. Sarna da batata

De acordo com Ainsworth (1981), a sarna comum da batata foi documentada por J. C. Loudon em 1825 (*Encyclopaedia of agriculture*, p. 785), porém sua descrição foi realizada somente em 1890 por Thaxter (LAMBERT; LORIA, 1989a). É uma doença de ocorrência generalizada em todos os continentes do mundo, sendo considerada uma das doenças que mais atingem as regiões produtoras na América do Norte e no Brasil. As perdas econômicas causadas por essa doença afetam diversos setores, não só o mercado de produto fresco, mas também a produção de batata semente e batata processada (FAO, 2008).

A severidade e os sintomas podem variar de acordo com a suscetibilidade da cultivar, virulência do patógeno, densidade de inóculo do agente causador e também com o ambiente, se apresenta condições favoráveis ou desfavoráveis para o desenvolvimento do patógeno (TÓTH et al., 2001). A variação dos sintomas permite a classificação em diferentes tipos dessa doença, podendo ser sarna comum, reticulada, avermelhada, sarna ácida e erupente (LORIA et al., 1997). As lesões podem variar no aspecto (lisa, áspera, reticulada ou em forma de estrela), na profundidade (superficial, erupente ou profunda) e coloração (pardo-clara, pardo-escura ou avermelhada) (LORIA et al., 1997; CORRÊA, 2011) (Figura 1).



**Figura 1:** Diferentes tipos de sintomas de sarna da batata. (A) Lesão de sarna profunda; (B) superficial; (C) erupente; (D e E) Aspecto de sarna reticulada; (F) em forma de estrela e (G) sarna avermelhada. Fonte: Corrêa (2011).

Vários tipos de sintomas podem ser encontrados em tubérculos de uma mesma planta, o que dificulta a identificação do patógeno, pois não há sintomas específicos para cada espécie do patógeno. Alguns autores relatam que o tipo de lesão está diretamente relacionado a cultivar infectada (EMILSSON; GUSTAFSSON, 1953; HILTUNEN et al., 2005). Já a profundidade das lesões estaria ligada a virulência do patógeno, quanto mais profundas ou elevadas as lesões, mais virulência possui o patógeno (RODRIGUES NETO; DESTÉFANO; SHIMOYAMA, 2008).

Dentre as espécies de *Streptomyces* descritas, a habilidade em infectar tecidos vegetais é uma característica rara. Poucas espécies podem ser consideradas patogênicas às plantas sendo *S. scabiei* a principal espécie causadora da sarna comum na batata (LAMBERT; LORIA, 1989a).

A sarna comum é predominante no mundo e tem como característica pequenas lesões na superfície dos tubérculos tipicamente arredondadas, de textura áspera e corticosa, variando sua profundidade e coloração de marrom clara ou escura (LORIA et al., 1997). As espécies *S. scabiei*, *S. europaeiscabiei*, *S. stelliscabiei*, *S. acidiscabies*, *S. turgidiscabies* e *S. niveiscabiei* são produtoras da taxtomina e causadoras da sarna da batata. Já as espécies *S. luridiscabiei* e *S. puniscabiei* produzem lesões características dessa doença, mas a produção de taxtomina não foi confirmada nesses patógenos (PARK et al., 2003).

Tanto a sarna reticulada quanto a avermelhada apresentam sintomas semelhantes onde, as lesões presentes nos tubérculos são de aspecto de rede, de coloração escura e superficiais (HARRISON, 1962; BANG, 1979; SCHOLTE; LABRUYÈRE, 1985). Porém mesmo com a similaridade de sintomas desses dois tipos de sarna, elas podem ser diferenciadas pelas *Streptomyces* envolvidas, suscetibilidade das cultivares, bem como temperatura ótima para o desenvolvimento da doença (SCHOLTE, LABRUYÈRE, 1985). A sarna reticulada é causada pela espécie *S. reticuliscabiei* e a sarna avermelhada por linhagens de *S. aureofaciens* e *S. griseus* (FAUCHER et al., 1993).

A sarna ácida é um tipo de sarna causada pela espécie *S. acidiscabiei*, causadora de sintomas semelhantes à sarna comum (LAMBERT; LORIA,

1989b). A sarna erupvente assemelha-se com a sarna comum, porém, produz um tipo de hipertrofia dos tecidos, formando erupções na superfície do tubérculo infectado. Esse tipo de sarna está atribuída à *S. turgidiscabiei* (KREUZE et al., 1999).

#### **2.4. Ciclo da doença**

As espécies de *Streptomyces* são saprófitas viventes do solo ou vivem no tecido de plantas infectadas, sob forma vegetativa micelial ou de esporos, ou seja, podem sobreviver em solos secos por períodos longos. De acordo com Mayfield e colaboradores (1972), os esporos possuem um envoltório externo e parede espessa, proporcionando maior resistência ao calor e seca. Eles ficam aglomerados no solo próximos a restos de cultura, e produzem hifas que se desenvolvem radialmente, facilitando sua dispersão (AGRIOS,1997). Os esporos germinam e podem ser disseminados através da chuva, vento, vetores ou até mesmo por tubérculos de batata infectados. Com relação à epidemiologia da sarna da batata, alguns insetos podem disseminar a bactéria no solo, além de promover a entrada da doença no tubérculo (MANZER; STORCH; SEWEEL, 1984).

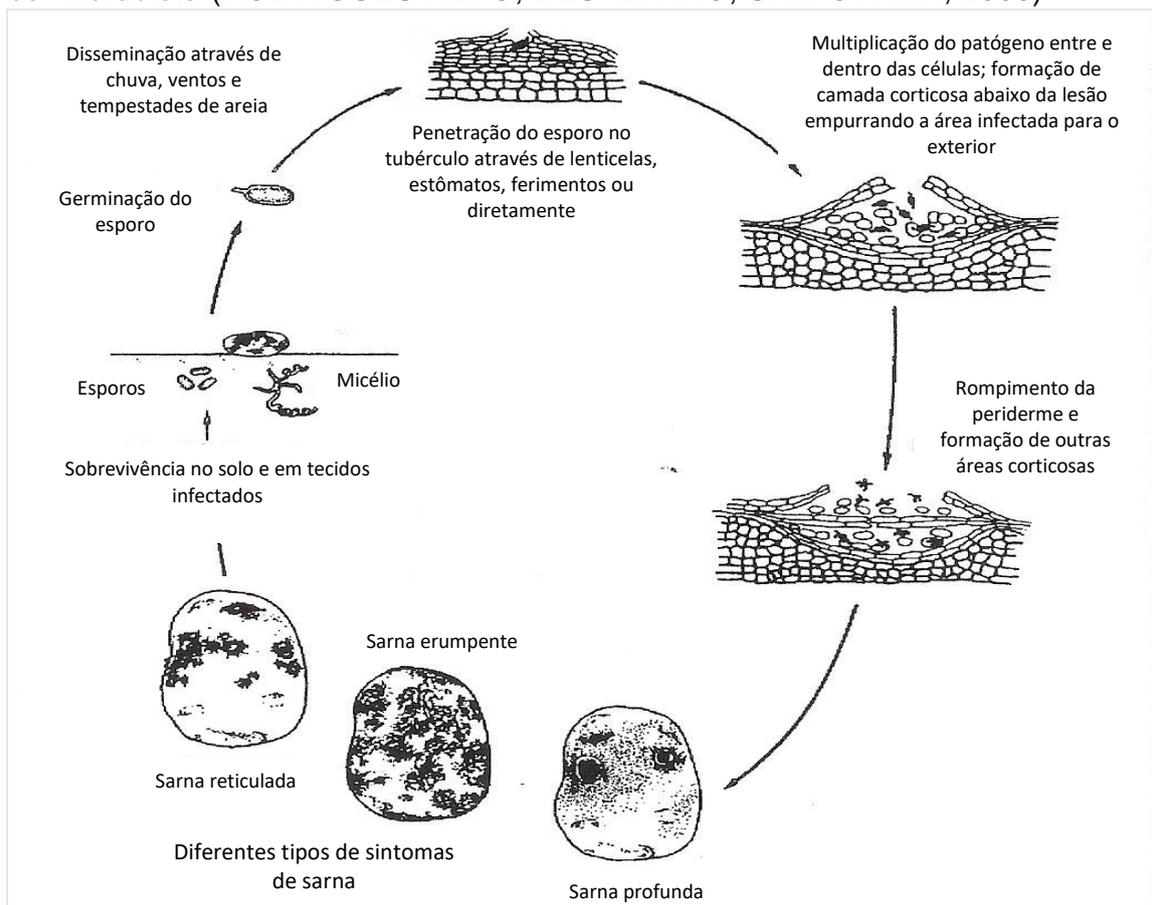
Ao entrar em contato com o tubérculo sadio e no início de seu desenvolvimento, os esporos da bactéria penetram através de estruturas como estômatos, lenticelas, ou por ferimentos (AGRIOS, 1997). Se os tubérculos estão secos durante o período de penetração, as bactérias antagônicas que normalmente estão presentes nas lenticelas, desaparecem facilitando a infecção. Além disso, em solos secos, durante o crescimento dos tubérculos a chance de aparecimento de ferimentos é maior, pelos quais os patógenos podem penetrar (LEWIS, 1971).

Desde o início da tuberização, o tecido do tubérculo sofre processo de crescimento contínuo, onde os nódulos são separados devido ao alongamento dos internódios (ADAMS, 1975). Nesse período o tubérculo é mais suscetível à doença, uma vez que as lenticelas jovens não estão totalmente suberizadas. Desde o início da sua formação até cerca de três a quatro semanas, o tubérculo

passa por um período de desenvolvimento, e com a maturação dos tubérculos, as lenticelas passam a ficar totalmente suberizadas, tornando-os assim menos suscetível à infecção (ADAMS; LAPWOOD, 1978).

O patógeno penetra primeiramente as lenticelas na superfície do tubérculo ou qualquer outra abertura. Então o patógeno coloniza inicialmente os espaços intercelulares e logo após os intracelulares (ADAMS; LAPWOOD, 1978), crescendo entre as camadas da periderme, nutrindo-se de tecido morto (AGRIOS, 1997) e produzindo fitotoxinas, como a taxtomina, que induzem a produção de suberina nas células adjacentes levando à formação de uma camada corticosa ao redor do tecido infectado. O crescimento da camada corticosa empurra a periderme infectada para o exterior tornando a superfície áspera e suberificada (sintomas da sarna) (BABCOCK; ECKWALL; SCHOTTEL, 1993) (Figura 2).

A incidência da sarna nos campos produtores depende de vários fatores como adaptação ou predominância de espécies de *Streptomyces* com maior agressividade, aumento da área plantada com variedades que são suscetíveis, utilização de batata semente contaminada, plantio contínuo em solos infectados e práticas culturais favoráveis à sarna, como a compactação do solo e alteração da microbiota (RODRIGUES NETO; DESTÉFANO; SHIMOYAMA, 2008)



**Figura 2:** Ciclo da sarna da batata. Fonte: Agrios (1997), traduzido por Corrêa (2011).

## **2.5. Controle da sarna da batata**

O controle da sarna não é simples devido aos fatores que afetam o desenvolvimento da doença, entre eles, presença e densidade do patógeno no solo, variedade de batata cultivada e fatores ambientais, como umidade e temperatura do solo (ZAMBOLIM et al., 2009).

Diferentes estratégias de manejo podem ser adotadas a fim de reduzir a incidência e severidade da sarna. Dentre elas, podemos citar o uso de cultivares resistentes e batata semente certificada (WILSON; RANSON; PEMBERTON, 1999; FISCHER et al., 2005), rotação de culturas (WIGGINS; KINKEL, 2005; JADOSKI et al., 2009), irrigação controlada (LAPWOOD; HERING, 1970; LEWIS, 1971), nutrição das plantas, mudança no pH do solo (WHARTON et al., 2011), uso de produtos químicos (SINGH; SONI, 1987; ZAMBOLIM et al., 2011) e biológicos (GOUWS; WEHNER, 2004; WANNER, 2007; WANNER et al., 2013), entre outros

### **2.5.1. Cultivares resistentes**

Entre as razões para a baixa produtividade nacional, destaca-se a falta de genótipos adaptados às condições climáticas brasileiras, uma vez que a maior parte das cultivares utilizada pelos bataticultores nacionais é de origem europeia (DELEO; CARDOSO, 2014).

O uso de cultivares com maiores níveis de resistência é considerado a melhor opção para o controle da doença (DEES; WANNER, 2012; WANNER; KIRK, 2015), pois evita ou reduz o uso de defensivos, diminui o impacto ambiental e os custos da produção (CAMARGO; BERGAMIN FILHO, 1995). Para isso é preciso que os clones apresentem resistência genética estável, porém, há uma grande variação desse caráter entre as cultivares comerciais. As cultivares Ágata, Asterix e Atlantic, por exemplo, que representam em torno de 60%, 15% e 3% da produção brasileira, respectivamente, são consideradas suscetíveis à sarna comum, conforme evidenciado em estudos de avaliação da

severidade e observações nos campos de produção (IMARK, 2007; GARCIA, 2008; FISCHER et al., 2009; HAYNES et al., 2010; NAVARRO et al., 2015). Do mesmo modo, esse fato tem sido relatado para as cultivares Caesar, Cupido, Markies e Monalisa, também importantes na produção nacional (ANDREATTA, 2002; GARCIA, 2008; FISCHER et al., 2009; CORRÊA, 2011; MARGOSSIAN SEMENTES, 2016). As poucas cultivares consideradas tolerantes à sarna no Brasil não estão disponíveis para todas as áreas produtoras e ocupam menos de 2% da produção nacional. Entre estas, destacam-se Mondial e Voyager (ANDREATTA, 2007; GARCIA, 2008; FISCHER et al., 2009).

Atualmente, o mecanismo de defesa da planta de batata à *Streptomyces* ainda não é bem conhecido, já que esse fenômeno não segue um modelo de resistência típico (DEES; WANNER, 2012). Sabe-se que as tomatinas produzidas pela bactéria inibem a resposta de defesa da planta, prejudicando os mecanismos de resistência (LORIA; KERS; JOSHI, 2006). Algumas pesquisas mostraram haver um fluxo de íons  $Ca^{++}$  e  $H^+$  em culturas de tabaco e *Arabidopsis*, como respostas de defesa da planta pela taxtomina (TEGG et al., 2005; ERRAKHI et al., 2008), podendo sugerir que o mesmo pode ocorrer na batata. Além disso, pesquisas mostraram que a presença de triptofano, um aminoácido necessário para a produção de taxtomina, pode inibir a produção dessa fitotoxina quando em altas quantidades (LAUZIER et al., 2002).

São muitos os fatores limitantes para o desenvolvimento de cultivares resistentes à sarna, faltam estudos na área fisiológica visando a resposta da planta à *Streptomyces* ou à taxtomina, ou seja, se há produção de moléculas na planta que induzem a produção da fitotoxina pela bactéria; mapeamento de genes de resistência ou suscetibilidade para uso em programas de melhoramento; identificação de novas e melhores fontes de resistência, principalmente espécies selvagens (WANNER; KIRK, 2015). De acordo com Dees e Wanner (2012), o desenvolvimento de novas estratégias de controle é dificultado, devido à falta do entendimento sobre as bases genéticas e fisiológicas das diferenças na severidade da doença, observadas nas cultivares de batata. No que se refere ao patógeno, faltam estudos direcionados à compreensão das diferenças da agressividade de isolados de *Streptomyces*.

### 2.5.2. Uso de batata semente certificada

O inóculo presente em tubérculos semente é relevante para a disseminação de novas linhagens ou espécies patogênicas causadoras da doença, em regiões onde não há presença desses patógenos (WILSON; RANSON; PEMBERTON, 1999). A sarna é a doença bacteriana mais frequente em tubérculos semente importados de países do norte da Europa. Em 2003, 83% dos lotes importados apresentavam sintomas da doença, algumas amostras de tubérculos apresentavam lesões que cobriam até 50% de sua superfície (FLORES-GONZÁLEZ; VELASCO; MONTES, 2008).

A sarna tem gerado grandes prejuízos em regiões produtoras brasileiras sendo disseminada por material oriundo de outros países e até mesmo provenientes do nosso próprio país. Por conta disso, a certificação dos tubérculos torna-se uma medida importante para garantir a sanidade do material vegetal (ZAMBOLIM et al., 2009). Essa prática garante que a batata semente seja inspecionada e encontra-se dentro dos padrões aceitáveis estipulados pelas normas de certificação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (LOPES, 2011).

Porém, o diagnóstico realizado ainda é muito precário pois, não há a identificação do agente causal da doença nos tubérculos que entram no país, podendo levar à introdução de novas espécies de *Streptomyces* em áreas que não estavam presentes. Possivelmente, as espécies patogênicas *S. europaeiscabiei*, e *S. caviscabiei/S. setonii* detectadas em material vegetal importado da Holanda, foram introduzidas no Brasil por meio da importação de batata-semente contaminada (CORRÊA, 2011).

### 2.5.3. Tratamento dos tubérculos

A introdução de espécies de *Streptomyces* em campos onde não estavam presentes, deve ser evitada utilizando-se tubérculos certificados. Por outro lado, a ausência de sintomas de sarna nos tubérculos não significa necessariamente

que a bactéria não esteja presente na superfície dos mesmos ou até no solo. Assim, o tratamento dos tubérculos pode ser realizado para a prevenção da disseminação da bactéria (RODRIGUES NETO; DESTÉFANO; SHIMOYAMA, 2008).

Pesquisas foram conduzidas visando avaliar o efeito do tratamento de tubérculos na incidência da sarna comum. Kulikova (1982), Singh e Soni (1987) e Somani (1988), relataram o uso de sulfato de cobre, formaldeído, cloreto de mercúrio, bórax, ácido bórico, tetraciclina. Trabalhos realizados na Austrália com o emprego dos fungicidas Fluazinam, Flusulfamida, Fenpiclonil e Mancozeb revelaram que os produtos possibilitaram o controle da sarna (WILSON et al., 1999; PUNG; CROSS, 2000). Na África do Sul, Gouws (2006) utilizou o fungicida Flusulfamida para tratar os tubérculos-semente antes do plantio, e verificou bons resultados na inibição dos sintomas da doença.

#### **2.5.4. Irrigação**

A incidência de sarna depende do nível de inóculo presente no solo e superfície dos tubérculos, assim como umidade e pH do solo (BOOTH, 1970). Lapwood e Lewis (1967) observaram uma estreita associação entre a incidência de sarna e a baixa umidade do solo durante os estágios iniciais da formação de tubérculos e aplicaram esse conhecimento para controlar a sarna comum por meio de irrigação adequada. A alta umidade do solo e a baixa temperatura após o início da tuberização reduziu a doença. Os autores concluíram que os tubérculos são infectados enquanto ainda são muito jovens e, se conseguem sobreviver a esse período sem infecção, escapam da doença (LAPWOOD; HERING, 1970).

Várias teorias têm sido propostas para explicar o mecanismo de controle de sarna por irrigação (LAPWOOD; ADAMS, 1975). Em primeiro lugar, com a umidade adequada do solo, os estômatos rapidamente se desenvolvem em lenticelas resistentes e, portanto, protegidos da infecção (ADAMS, 1975). Em segundo lugar, há efeitos diretos sobre o crescimento do patógeno devido à

diminuição da temperatura do solo e à redução da disponibilidade de oxigênio. Em terceiro lugar, a irrigação afeta indiretamente a doença, proporcionando um ambiente propício ao antagonismo (LEWIS, 1971), pois bactérias antagonistas se movem mais rápido do que espécies de *Streptomyces* causadoras de sarna nas películas de água em solo úmido. As bactérias antagonistas colonizam as lenticelas primeiro e competem com o patógeno pelo nicho. Em quarto lugar, altos níveis de umidade têm sido associados com uma diminuição nos níveis de cálcio no tecido do tubérculo e tem sido implícito que o aumento de cálcio leva a maior suscetibilidade à sarna (DAVIS et al., 1976).

Porém, esse método é incerto, já que outros estudos ligados ao aumento da irrigação e umidade do solo apresentaram resultados contrários, indicando maior severidade da sarna (SCHOLTE; LABRUYÈRE, 1985; WILSON et al., 2001; LARKIN et al., 2011). Também foram relatados surtos da doença em solos úmidos e irrigados, no Canadá, Europa e Israel (DOERING-SAAD et al., 1992; GOYER et al., 1996; LINDHOLM et al., 1997). Além disso, o excesso de água pode favorecer o ataque de outros patógenos como: *Sclerotinia sclerotiorum* (podridão de esclerotínia), *Ralstonia solanacearum* (murcha bacteriana), *Pectobacterium* spp. (podridão mole), entre outros (LOPES, 2011).

#### **2.5.5. Rotação de culturas**

A rotação de culturas é um fator importante a ser considerado em lavouras de produção de batata, sendo uma estratégia para a redução de inóculo de *Streptomyces* no solo (PEMBERTON, 1994). Essa forma de manejo está relacionada também com a fertilidade e estruturação do solo. O uso de rotação com culturas não hospedeiras da bactéria como, cereais e gramíneas, possibilitam a redução da população do patógeno e aumento da difusão de oxigênio, muito consumido pelo sistema radicular da batata (JADOSKI, et al., 2009).

Em estudo utilizando rotação de canola combinada com centeio mostrou redução da severidade da sarna de 20 a 33% quando comparado ao cultivo contínuo de batata (LARKIN; GRIFFIN; HONEYCUTT, 2010).

No caso de manejo da sarna, nem sempre essa medida é utilizada devido à resistência do patógeno, pois *Streptomyces* pode manter-se por muito tempo em uma diversidade de culturas e até mesmo no solo, sobrevivendo saprofiticamente. Algumas culturas, como beterraba, cenoura, nabo, rabanete e batata-doce foram consideradas hospedeiras de *Streptomyces* e, sendo assim, não devem ser utilizadas para rotação de cultura, pois podem representar fonte de inóculo para plantios de batata futuros (RODRIGUES NETO; DESTÉFANO; SHIMOYAMA, 2008).

#### **2.5.6. Acidificação do solo**

A redução do pH do solo é a forma de manejo mais eficaz para prevenir a sarna comum causada por *S. scabiei*. Estudos demonstraram que o crescimento de *Streptomyces* diminui significativamente quando o pH se mantém entre 5,0 – 5,2 (testes *in vitro*) (RICH, 1983; LORIA, 1997), porém essa estratégia seria obviamente ineficaz contra a sarna causada por *S. acidiscabies* e *S. turgidiscabies*, espécies tolerantes a valores baixos de pH (LINDHOLM et al., 1997). Entretanto, cabe ressaltar, que solos com pH baixo podem agravar doenças causadas por patógenos fúngicos e também suprimir bactérias benéficas (WILLIAMS et al., 1971).

A diminuição do pH do solo é muitas vezes efetuada através da utilização de fertilizantes como o sulfato de amônio, podendo levar ao aumento da concentração de alumínio solúvel que estimula o crescimento de colônias de organismos antagônicos à *Streptomyces*. Entretanto, a eficácia desse composto depende de alguns fatores como tipo de solo, temperatura e umidade (MIZUNO; YOSHIDA; TADANO, 2000; STURZ et al., 2004).

Um fator negativo decorrente dessa prática é a diminuição na produtividade da batata, uma vez que os nutrientes presentes no solo são

melhores disponibilizados em pH maiores, próximos a 6,5; e solos mais ácidos limitam o crescimento de espécies que são utilizadas na rotação de culturas (LAMBERT; LORIA, 1989b).

### 2.5.7. Controle Químico

A alta frequência da ocorrência da sarna da batata nas regiões de cultivo tem levado o produtor a procurar estratégias de controle da doença, mas a grande variabilidade patogênica de *Streptomyces* tem dificultado a obtenção de sucesso nos métodos empregados. Conseqüentemente, na maioria das vezes, o produtor acaba utilizando alternativas como o uso de produtos químicos (D'AGOSTINO; MORANDI, 2008).

Na agricultura nacional e mundial, o controle químico de pragas é o método mais utilizado tanto por pequenos quanto por médios e grandes produtores. Esse método consiste no uso de aplicações de um produto de natureza química podendo estar representado por nematicidas, inseticidas, herbicidas, bactericidas ou fungicidas (WILSON et al., 1999).

Baseando-se no princípio em que se fundamenta predominantemente a sua aplicação, os produtos químicos têm por objetivos: **(a)** proteção, onde substâncias são aplicadas nas superfícies de suscetíveis à doença, com o fim de impedir sua manifestação; **(b)** erradicação, que tem como princípio atuação direta sobre o patógeno, na fonte de inóculo ou no hospedeiro doente com a finalidade de reduzir ou minimizar o inóculo primário; **(c)** imunização, onde a aplicação do produto é feita em plantas saudáveis com o fim de torná-las imunes às doenças; **(d)** quimioterapia, onde ocorre a aplicação da substância em plantas já doentes com o fim de curá-las (D'AGOSTINO; MORANDI, 2008).

De acordo com Hosny e colaboradores (2014), a aplicação de produtos químicos é geralmente o método mais efetivo para controlar a sarna da batata; no entanto, nenhum produto químico com total eficácia está disponível no mercado até o momento.

Espécies de *Streptomyces* causadoras de sarna geralmente são introduzidas em campos de batata por meio de tubérculos infectados (DIPPENAAR, 1933). Também foram relatados casos onde a bactéria patogênica estava presente em solos onde não havia cultivo de batata anteriormente. Dessa forma, o controle químico é, portanto, direcionado ao controle do patógeno sobre os tubérculos sementes com o objetivo de limitar a infestação do solo antes do plantio (GOUWS, 2006).

Em estudos desenvolvidos por Fischer e colaboradores (2005) foram analisados *in vitro* quinze fungicidas contra três linhagens de *S. scabiei*. Os resultados obtidos demonstraram que os fungicidas diferiram entre si, porém todos apresentaram uma baixa eficiência no controle da sarna comum.

Resultados encontrados com relação à eficácia do tratamento químico de tubérculos-semente demonstraram que fungicidas como Fluazinam, Flusulfamida (doses elevadas), Fenipiclonil, Pentacloronitrobenzeno e Mancozeb proporcionaram bons resultados no controle da sarna. Entretanto a utilização desses produtos no tratamento do solo no momento do plantio não resultou em dados satisfatórios (WILSON et al., 2008).

Hosny e colaboradores (2014) utilizaram um isolado de *Streptomyces* que se mostrou bastante patogênico para avaliar a eficiência de sete produtos químicos (Rizolex, Capitan, Moncut, Ridomil, Maxim, Topsin e Oxyplus) em testes realizados *in vitro*. Os autores relataram que os produtos apresentaram uma grande variação no efeito inibitório sobre o crescimento do patógeno, onde o melhor produto testado foi o Capitan que inibiu em 33,8% o crescimento da bactéria em placa de Petri.

Em 2014, Layva-Mir e colaboradores realizaram experimentos em campo com alta incidência de sarna onde foram aplicados sete produtos diferentes no momento do plantio. Os resultados mostraram que os tubérculos que foram tratados com Fluazinam apresentaram uma menor porcentagem de lesões causadas por *Streptomyces*, diminuindo em 24,16% a severidade da doença, corroborando os resultados obtidos por Wilson e colaboradores (2008); e Pung; Cross (2000), onde ambos estudos verificaram que o Fluazinam provocou diminuição considerável da severidade da doença.

Nos testes realizados por Wilson et al. (2008); Pung; Cross (2000), Fischer et al. (2005), Hosny et al. (2014) e Leyva-Mir et al. (2014), todos os produtos testados apresentaram diferenças significativas no controle da sarna da batata, tanto nos testes *in vitro* quanto nos testes *in vivo*. Os relatos acima deixam claro que o controle químico da sarna não é um processo simples e eficaz e por isso outros produtos e métodos devem ser empregados em conjunto para se alcançar o manejo da doença.

### **2.5.8. Controle Biológico**

O controle biológico ou o chamado biocontrole pode ser de grande valia no manejo de doenças das lavouras comerciais, já que consegue atuar em algumas situações, onde outros métodos de controle não atuam ou tem resultados muito limitados (BETTIOL, 2009).

De acordo com o IBGE (2018) anualmente são utilizados no mundo aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de agrotóxicos. No Brasil o consumo anual tem sido superior a 300 mil toneladas. Nos últimos quarenta anos houve um aumento no consumo de agrotóxicos de 700%, enquanto a área agrícola aumentou 78% no mesmo período.

Os custos elevados de defensivos químicos, os malefícios atribuídos a saúde do produtor e ao meio ambiente, provindo da má utilização desses produtos, além da perda de eficiência por causa da indução de resistência microbiana (BETTIOL, 2009) fizeram com que profissionais e pessoas envolvidas no processo de produção buscassem cada vez mais alternativas de controle de doenças de plantas. Essas estratégias devem, ao mesmo tempo, ser de custo atraente e não representar perigo ao produtor, consumidor e ao ambiente no qual está inserido o sistema de produção (GRIGOLETTI, 2000). Dessa forma, a utilização de agentes biológicos toma posição de destaque nesse cenário alternativo de métodos de controle (PARNELL et al., 2016).

Espécies não patogênicas de *Streptomyces* capazes de produzir antibióticos e enzimas extracelulares tem sido utilizadas como agentes de

controle contra a sarna (LIU et al., 1995; NEENO-ECKWALL et al., 2001; SCHOTTEL et al., 2001; DOUMBOU et al., 2001; BEAUSE´JOUR et al., 2003). Ryan e colaboradores (2004) mostraram que linhagens de *Streptomyces* sp. variaram na eficácia como antagonistas, dependendo da diversidade populacional, agressividade do patógeno bem como da cultivar de batata, sugerindo que o biocontrole em campo possui grandes desafios. Estudo realizado por Zadeh e colaboradores (2006) mostrou que duas espécies não patogênicas, *Streptomyces olivaceus* e *Streptomyces plicatus* mostraram-se bons antagonistas de *S. scabiei* e *S. acidiscabies*. Hiltunen e colaboradores (2011) realizaram estudo utilizando duas linhagens não patogênicas de *Streptomyces* (346 e K61) contra uma linhagem de *S. turgidiscabies*, em casa de vegetação, observando que as linhagens não patogênicas foram capazes de inibir o aparecimento de lesões nos tubérculos, controlando a doença causada pela bactéria. Ainda, Otto-Hanson e colaboradores (2013) concluíram que, ao usar diferentes combinações de antagonistas do gênero de *Streptomyces* em conjunto com uréia, os resultados de inibição do patógeno podem ser melhores em comparação com os testes realizados somente com o antagonista.

Fungos do gênero *Trichoderma* também podem ser utilizados como agentes de biocontrole. O emprego de *Trichoderma* foi viabilizado após décadas de pesquisas para o desenvolvimento de formulações estáveis (LOBO JÚNIOR et al., 2009; JOSHI et al., 2010). Esses fungos possuem rápido crescimento sobre a matéria orgânica presente no solo competindo com o fitopatógeno por espaço para se desenvolver, além de produzir antibióticos como quitinases, proteases, celulasas, entre outros (TAVARES, 2009). Dentre o gênero *Trichoderma*, os mais utilizados para o controle biológico são: *T. harzianum*, *T. virens* e *T. viride* (HERMOSA et al., 2000; SILVA e MELLO, 2007). O estudo realizado por Yossen e colaboradores (2011) avaliou o uso de *T. harzianum* para o controle da sarna da batata, mostrando diminuição na severidade da doença, principalmente quando usado junto com *Bacillus subtilis*.

Bactérias do gênero *Pseudomonas* inibiram o crescimento de *S. scabiei* *in vitro* e diminuíram a expressão de genes relacionados à síntese de taxtomina em testes realizados em casa de vegetação (ST-ONGE et al., 2011). Em regiões produtoras da Índia, Singhai e colaboradores (2011) testaram quatro linhagens

de *Pseudomonas* e verificaram que as mesmas proporcionaram melhor crescimento e rendimento das plantas, além de reduzir de maneira significativa a incidência da sarna.

Linhagens de *Bacillus* sp. também são utilizadas para o controle da sarna causada por *Streptomyces*. O *Bacillus* sp. sunhua reduziu de 35% a 75% a taxa de infecção (HAN et al., 2005). Estudos com *Bacillus amyloliquefaciens* BAC03 demonstraram também redução na severidade da sarna de 17 a 57%, melhorando o crescimento dos tubérculos de batata (MENG et al., 2013). Camparoni (2015) verificou, em testes *in vitro*, que linhagens de *Bacillus subtilis* apresentaram resultados positivos de antagonismo contra de linhagens de *S. scabiei*.

#### **2.5.9. *Bacillus subtilis***

O uso de microrganismos para controle biológico de doenças em plantas vem sendo amplamente estudado no mundo. Nesse contexto, o uso de procariotos como agentes antagônicos contra fitopatógenos tem se mostrado uma boa alternativa no manejo integrado. Muitos estudos estão sendo realizados visando o uso de *Bacillus subtilis*, uma bactéria habitante do solo (LANNA FILHO et al., 2010). São bactérias gram-positivas, aeróbias facultativas, não fotossintetizantes e sua maior atividade acontece em temperaturas médias de 25 a 35 °C, além disso, possuem grande capacidade de produzir esporos em condições adversas (POTER, 1976). O endósporo é resistente a agressões exógenas e pode permanecer intacto por muitos anos (CANO et al., 1995), sendo uma ferramenta importante para a sobrevivência das populações de *B. subtilis* (STRAGIER; LOSICK, 1996; HENRIQUES et al., 2000).

*Bacillus subtilis* pode ocupar diferentes nichos ecológicos em associação com plantas, estabelecendo-se na rizosfera, rizoplano, filoplano e nos tecidos internos, onde consegue se multiplicar, e sobreviver se protegendo do restante da microflora (ONGENA et al., 2007; CAMPOS SILVA et al., 2008). Ainda, células de *B. subtilis* destacam-se por possuir capacidade natural para secretar antibiótico (bacitracina) e biosurfactante (surfactina) que são compostos de alto

valor biotecnológico (JÖNK et al., 2014). Além de produzir metabólitos extracelulares de grande relevância, *B. subtilis* desempenha funções de alta aplicabilidade na área agrícola. Possui a capacidade de interagir de forma mutualística benéfica com o rizoma das plantas, sendo classificado como um bioregulador e promotor de crescimento (JAMIL, 2007; ARAÚJO et al., 2005).

#### **2.5.10. Promoção de crescimento em plantas por *Bacillus subtilis***

As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP) colonizam as raízes de plantas e induzem um aumento no crescimento vegetal. Entre os mecanismos pelo qual RPCP podem exercer efeitos benéficos nas plantas estão absorção de nutrientes, principalmente o fósforo, através da solubilização de fosfatos; síntese de fitohormônios, tal como o ácido indol acético (AIA) (VESSEY, 2003); controle dos efeitos de patógenos pela produção de substâncias inibitórias, excluindo-os das raízes pela concorrência ou por indução de resistência sistêmica (COMPANT et al., 2005).

*Bacillus subtilis* tem sido considerado um excelente agente de biocontrole possuindo grande potencial para reduzir diretamente a incidência de doenças, sendo utilizado comercialmente contra enfermidades de plantas (NGUGIA et al., 2005; YAO et al., 2006). Essa bactéria apresenta outros efeitos positivos sobre as culturas, como a promoção de crescimento, nutrição (biofertilizantes e fitoestimuladores) e facilitação à interação entre a planta hospedeira e outros organismos benéficos (ANTOUN; PREVOST, 2006).

A promoção de crescimento ocasionada por *B. subtilis* é resultado do aumento da fixação de nitrogênio, nutrientes e melhoria nas condições do solo (LANNA FILHO; FERRO; PINHO, 2010)

Dados de literatura mostraram que isolados de *B. subtilis* possuem a capacidade de conduzir a regulação hormonal de plantas, controlando assim, o crescimento radicular pela síntese de auxina, giberelina e citocinina. Adicionalmente, a associação benéfica proporciona o aumento fisiológico de metabólitos que desencadeiam a sensibilidade do sistema radicular às

condições externas, proporcionando a facilitação da percepção e absorção de nutrientes (MANJULA; PODILE, 2005).

A importância de RPCRs na agricultura foi apresentada primeiramente por Kloepper e Schroth (1980) e, a partir disso muitas pesquisas em todo o mundo foram e estão sendo feitas para investigar os mecanismos, modos de ação, fisiologia e bioquímica dessas bactérias, em busca de uma melhor compreensão sobre os detalhes da mecânica empregada por RPCPs para promover o crescimento de plantas (GOSWAMI et al., 2016; PETERSON et al, 2016). Esse entendimento permitiu o uso prático dessas bactérias na agricultura em forma de produtos formulados (JHA e SARAF, 2015). Apesar do enorme potencial econômico e ambiental desses produtos, sua utilização nos campos ainda é muito restrita (PARNELL et al. 2016).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo Geral

- Avaliar produtos químicos e biológicos no controle da sarna da batata causada por *Streptomyces* spp.

#### 3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar os efeitos dos produtos químicos e biológicos comerciais no crescimento de linhagens de *Streptomyces* associadas à sarna da batata por meio de testes *in vitro* e *in vivo* (casa de vegetação);
- Avaliar o potencial antagônico de linhagens de (*Bacillus subtilis* IBSBF 898 e 896) no controle de *Streptomyces*;
- Investigar o efeito do tratamento de tubérculos-semente com microorganismos promotores de crescimento (*Bacillus subtilis* IBSBF 898 e 896) sobre a incidência de sarna em batata por meio de experimentos em casa de vegetação.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Linhagens

Foram utilizadas as linhagens de *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) e *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959), cedidas pela Coleção de Culturas de Fitobactérias do Instituto Biológico (IBSBF), Campinas, SP. Essas linhagens foram selecionadas pelo alto grau de patogenicidade observado em estudo anterior (CORRÊA, 2011) (Tabela 1).

Nos testes de antagonismo e promoção de crescimento foram utilizadas duas linhagens de *Bacillus subtilis*, IBSBF 896 e 898, selecionadas como promotoras de crescimento de acordo com resultados de estudo anterior (CAMPARONI, 2015).

**Tabela 1.** Linhagens de *Streptomyces* utilizadas nesse estudo.

IBSBF	Procedência	Cultivar	Micromorf. hifas	Cor da colônia	Patogenicidade em minitubérculos
2950	Canoinhas (SC)	Asterix	Espiral	Cinza/ branca	+++
2959	Canoinhas (SC)	Ágata	Espiral	Marrom escura / bordas avermelhadas	+++

IBSBF - Coleção de Culturas de Fitobactérias do Instituto Biológico, Campinas, São Paulo. Teste de patogenicidade em minitubérculos (+++) alta agressividade, de acordo com Corrêa (2011).

## 4.2. Produtos Químicos e Biológicos comerciais

Os diferentes produtos químicos e biológicos comerciais foram testados de acordo com as recomendações dos fabricantes (Tabela 2).

**Tabela 2.** Produtos químicos e biológicos, dosagens utilizadas nesse estudo.

Produtos	Composição	Empresa	Doses <i>in vitro</i>	Doses <i>in vivo</i> (em vasos)
<b>SERENADE®</b>	<i>Bacillus subtilis</i> linhagem (QST 713)	Bayer S.A.	0, 1; 2, 3, 4, 5, 6 L/ 100 L	4 L/há
<b>FROWNCIDE 500 SC®</b>	Fluazinam	Iharabras S.A. Indústrias Químicas	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 L/ 100 L	3 L/há
<b>MONCUT®</b>	Flutolanil	Iharabras S.A. Indústrias Químicas	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 L/ 100 L	
<b>ROVRAL®</b>	Iprodiona	FMC Química do Brasil Ltda.	0, 10, 100, 1.000, 2000 e 4.000 mL/100 L	
<b>GALBEN M®</b>	Benalaxyl Mancozebe	FMC Química do Brasil Ltda.	0, 10, 100, 1.000, 2.000 e 4.000 g/100 L	
<b>ZIGNAL®</b>	Fluazinam	FMC Química do Brasil Ltda.	0, 10, 100, 500, 1.000, 2.000 mL/100 L	
<b>QUARTZO®</b>	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus</i> <i>licheniformis</i>	FMC Química do Brasil Ltda.	0, 10, 100, 200, 400 e 1.000 g/100 L	
<b>MANCOZEB®</b>	Mancozebe	FMC Química do Brasil Ltda.	0, 10, 100, 2.000, 4.000 e 6.000 g/100 L	

A avaliação do efeito dos produtos comerciais na inibição do crescimento de linhagens de *Streptomyces* fitopatogênicas foi realizada primeiramente em testes *in vitro* como um *screening*.

O produto Frowncide 500 SC<sup>®</sup> foi selecionado por ser um fungicida recomendado pelo fabricante para o controle da sarna da batata causada por *Streptomyces scabiei*. De acordo com registros encontrados na literatura, sua eficiência é considerada alta (Hosny et al., 2014). O produto Zignal<sup>®</sup> também foi selecionado por possuir o mesmo princípio ativo (Fluazinam) que o Frowncide 500 SC<sup>®</sup> e recomendado para o controle da sarna.

O fungicida Rovral SC<sup>®</sup> é comercializado para controle da pinta preta em batata (*Alternaria solani*); possuindo eficácia no controle desse fungo de acordo com Liu e colaboradores (2007).

No presente estudo foi testado também o produto Galben M<sup>®</sup>, fungicida sistêmico recomendado para requeima da batata (*Phytophthora infestans*), contendo como princípio ativo o Benalaxil e Mancozebe. Embora não há relatos do emprego de Banalaxil no controle da sarna, o produto Mancozebe já foi testado por Hosny e colaboradores (2014) para controle de *S. scabiei*. Dessa forma, decidiu-se testar a combinação acima e também apenas o Mancozebe<sup>®</sup>, fungicida de contato sem recomendação para doenças em batata.

Outro fungicida testado foi o produto Moncut<sup>®</sup>, recomendado pelo fabricante apenas para controle de rhizoctoniose (*Rhizoctonia solani*) em batata. Entretanto, Hosny e colaboradores (2014) relataram que o referido fungicida apresentou efeito inibitório em testes, *in vitro*, sobre 14 linhagens de *S. scabiei* isoladas no Egito.

Com relação aos produtos biológicos foram selecionados os produtos Serenade<sup>®</sup>, considerado fungicida/bactericida microbiológico e Quartzo<sup>®</sup>, um nematicida microbiológico. Ambos produtos contêm em suas formulações linhagens de *Bacillus subtilis*, entretanto, não são recomendados para o controle de sarna da batata.

### 4.3. Avaliação de produtos químicos e biológicos comerciais na inibição do crescimento de linhagens de *Streptomyces* associadas à sarna da batata – Testes *in vitro*.

Nos ensaios *in vitro*, somente a linhagem de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) foi testada. A bactéria foi cultivada em meio YME (extrato de levedo 4 g, extrato de malte 10 g, glucose 4 g, ágar 18 g, água destilada q.s.p. 1000 mL, pH 7,2) a 28 °C por 14 dias. Posteriormente, foi efetuada uma suspensão bacteriana onde os esporos foram raspados com o auxílio uma alça descartável e adicionados em 1,5 mL de água destilada esterilizada.

Uma alíquota de 100 µL da suspensão bacteriana foi adicionada e espalhada com ajuda de uma alça de Drigalski em placas de Petri 60 X 15 mm contendo meio YME. Em seguida, discos de antibiograma esterilizados (diâmetro de 0,5 cm) foram colocados no centro das placas e sobre eles foram adicionados 20 µL dos produtos em diferentes concentrações (Tabela 2). As placas foram, então, colocadas em estufa a 28°C e após sete e 14 dias foram medidos os halos de inibição de crescimento com paquímetro. Os experimentos foram efetuados com cinco repetições e a média dos valores obtidos para cada concentração de produto testado foi utilizada para se estabelecer a porcentagem de inibição de crescimento/ esporulação da bactéria. Os cálculos foram realizados com base na seguinte fórmula:

**Área da placa de Petri 60 X 15  
e área do halo de inibição:**

$$A = \pi r^2$$

$$\pi = 3,14$$

**Porcentagem de crescimento da  
bactéria:**

$$\frac{\text{Área placa} - \text{Área halo}}{\text{Área placa}} \cdot 100$$

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste de Duncan, com nível de significância ( $P < 0,05$ ), empregando-se o programa Assistat. Também foi realizada a análise de regressão, para se verificar a relação entre as variáveis.

#### 4.4. Avaliação de produtos químicos e biológicos comerciais para controle da sarna da batata - Testes *in vivo* (casa de vegetação)

O produto químico Frowncide 500 SC® e o produto biológico Serenade® foram testados, *in vivo*, em experimentos em casa de vegetação contra as linhagens *S. scabiei* (IBSBF 2950) e *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959).

No plantio foi utilizada a cultivar Ágata, considerada a mais suscetível segundo relatos de literatura (FISCHER et. al., 2005).

Os tubérculos de batata foram desinfestados com NaOCl 0,5%, por 15 minutos, sob agitação; com posterior lavagem em água destilada esterilizada, por 15 minutos, sob agitação, para a retirada da solução de hipoclorito da superfície do tubérculo.

As linhagens de *Streptomyces* (*S. scabiei* IBSBF 2950 e *Streptomyces* sp. IBSBF 2959) foram cultivadas em meio YME a 28 °C por 14 dias. Após o crescimento, os esporos de cada placa foram raspados, adicionados a 17 mL de Solução Say 2X esterilizada (40 g de sacarose; 2,4 g de asparagina; 1,2 g de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> e 20 g de extrato de levedura; q.s.p. 1 L de água destilada esterilizada) e transferidos para sacos plásticos contendo 100 cm<sup>3</sup> de vermiculita expandida esterilizada. O inóculo em vermiculita foi mantido a 28 °C por 14 dias, agitando-se os sacos em dias alternados durante a incubação. Após o crescimento bacteriano, o inóculo em vermiculita (100 cm<sup>3</sup>) foi adicionado a 1.200 cm<sup>3</sup> do substrato Golden Mix Misto (fibras de mesocarpo de casca de coco) e cuidadosamente homogeneizado.

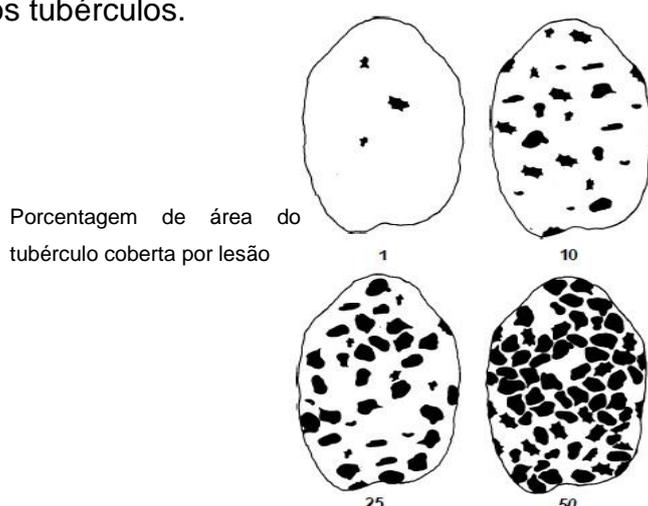
No plantio, vasos de 15 cm de diâmetro (3 L) foram parcialmente preenchidos com 700 cm<sup>3</sup> do substrato sem inóculo e um volume de 1.300 cm<sup>3</sup> da mistura de substrato com inóculo de *Streptomyces* foi adicionado ao vaso. A seguir, um tubérculo de batata foi plantado na camada contendo o inóculo. As aplicações dos produtos foram efetuadas no momento do plantio (aplicando-se o produto no sulco, após a colocação do tubérculo) e durante a amontoa (após 30 dias) por pulverização e as dosagens testadas estão descritas na Tabela 2.

Como controles negativos foram realizadas duas formas de plantio, um com apenas o tubérculo sem presença de inóculo bacteriano e sem aplicação do produto, e outro sem presença de inóculo bacteriano porém com a aplicação do produto. Já como controle positivo foi realizado o plantio com apenas a presença do inóculo bacteriano.

Os vasos foram mantidos em casa de vegetação e as plantas foram irrigadas com turno de rega em dias alternados com 80 mL de água por vaso. A adubação foi realizada a cada 15 dias, adicionando-se 3 g de fertilizante PlantProd 10-52-10 (enraizamento e floração) para cada litro de água utilizada na irrigação. Foram realizadas sete repetições para cada tratamento.

Após três meses de crescimento (senescência), as batatas foram colhidas; pesadas e foram contados os números de tubérculos presentes por vaso; além de avaliadas quanto ao aparecimento dos sintomas de sarna. A severidade da doença foi avaliada por meio de notas que representam uma determinada porcentagem da superfície de cada tubérculo com sintomas de sarna comum, baseadas na escala diagramática de James (1971) adaptada por Garcia (2008), variando de 1 a 5 (1= 0% da superfície do tubérculo coberta com sarna; 2= 0,1 a 1,0%; 3= 1,1 a 10%; 4= 10,1 a 25% e 5= 25%-50 ou mais) (Figura 3). Os valores de severidade foram obtidos por meio da média aritmética das notas atribuídas a todos os tubérculos produzidos com diâmetro igual ou superior a 2,5 cm. Os experimentos foram realizados no período de março a dezembro de 2017.

As notas de porcentagem da área com lesões foram submetidas a análise estatística de Duncan ( $P < 0,05$ ). E nos testes realizados com o produto Serenade® foi verificado também se houve diferença na quantidade e no peso dos tubérculos.



**Figura 3.** Escala diagramática para avaliação de percentual de área do tubérculo cobertas por lesões de sarna (James,1971), modificado por Garcia (2008).

#### 4.5. Potencial antagônico de linhagens de *Bacillus subtilis* no controle da sarna da batata

A avaliação do potencial antagônico de linhagens de *B. subtilis* (IBSBF 896 e 898) foi avaliada por meio do método de pareamento de culturas, de acordo com Kefi e colaboradores (2015).

A duas linhagens de *Streptomyces* (IBSBF 2950 e 2959) foram semeadas em meio de cultivo YME, incubadas a 28 °C por sete dias, enquanto que as linhagens de *B. subtilis* foram semeadas em NA, incubadas a 28 °C por 48 horas. Após crescimento bacteriano das linhagens, discos com 7 mm de diâmetro foram cortados das placas de *Streptomyces*, colocados sobre uma nova superfície de meio de cultivo PDA (Potato Dextrose Agar – DIFCO) e um traçado em linha reta contendo uma massa bacteriana de *B. subtilis* foi efetuado na parte central da placa. Os testes foram realizados com cinco repetições e as avaliações foram efetuadas no sétimo e 14º dia. Os resultados foram interpretados de acordo com a equação proposta por Korsten e colaboradores (1995):

**Porcentagem de inibição de crescimento:**

$$\text{PICR} = \frac{R1-R2}{R1} \cdot 100$$

Onde: R1= crescimento do patógeno (cm); R2= crescimento do antagonista (cm).

#### **4.6. Avaliação do efeito do tratamento de tubérculos-semente com microrganismo promotor de crescimento (*Bacillus subtilis*) sobre a incidência da sarna da batata**

A avaliação do efeito do tratamento de tubérculos-semente com linhagens de *Bacillus subtilis* IBSBF 896 e 898 foi efetuado com o objetivo de verificar se o microrganismo tem algum efeito sobre a incidência da sarna da batata.

Os tubérculos-semente da cultivar Ágata foram desinfestados de acordo com o descrito no item 4.4. Em seguida, os minitubérculos foram secos a temperatura ambiente e, posteriormente, suspensões bacterianas das linhagens de *B. subtilis* foram preparadas na concentração de aproximadamente  $10^8$  UFC. mL<sup>-1</sup> (ajustadas de acordo com a escala de Mc Farland). Em seguida, os tubérculos foram imersos nessas suspensões por aproximadamente vinte minutos e plantados em vasos com 15 centímetros de diâmetro preenchidos com substrato Golden Mix Misto (fibra de coco) e inóculo de linhagens de *Streptomyces* (de acordo com metodologia descrita no item 4.4). Imediatamente após o plantio, os vasos foram regados com 80 mL da suspensão bacteriana de *B. subtilis* e, posteriormente, mantidos em casa de vegetação, sendo irrigados em dias alternados com 80 mL de água por vaso.

Como controles foram utilizados **(a)** vasos com tubérculos-semente sem adição da suspensão da linhagem de *B. subtilis* (IBSBF 896 ou 898), porém com a presença do inóculo de *Streptomyces* para avaliação da redução ou não dos sintomas da doença; **(b)** vasos com tubérculos-semente imersos na suspensão da linhagem de *B. subtilis* sem adição do fitopatógeno para avaliação da promoção de crescimento da planta; **(c)** vasos com apenas os tubérculos sementes sem adição da suspensão de *B. subtilis* e sem inóculo de *Streptomyces*.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete repetições, sendo cada repetição constituída por um vaso com um tubérculo semente. Após três meses de crescimento, as batatas foram colhidas e avaliadas quanto à promoção de crescimento e quanto ao aparecimento dos sintomas de sarna de acordo com a escala diagramática de James (1971), modificado por Garcia (2008). Os valores de severidade da doença foram obtidos por meio da

média aritmética das notas atribuídas a todos os tubérculos produzidos com diâmetro igual ou superior a 2,5 cm.

As notas de porcentagem da área com lesões foram submetidas a análise estatística de Duncan ( $P < 0,05$ ). E foi verificado também se houve diferença na quantidade e no peso dos tubérculos utilizando o programa de estatística Assistat.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

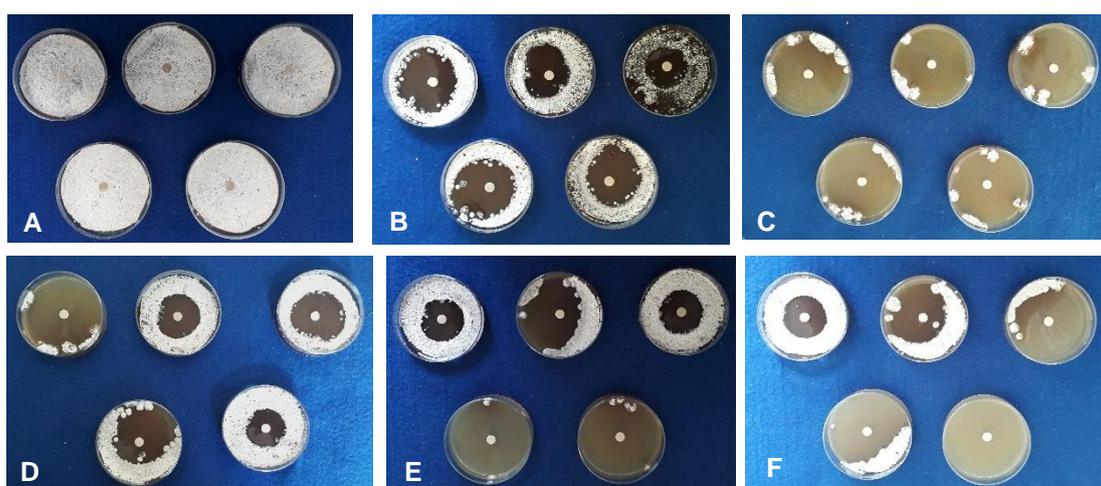
### 5.1. Avaliação de produtos químicos e biológicos comerciais na inibição do crescimento de linhagens de *Streptomyces* associadas à sarna da batata - Testes *in vitro*.

O efeito de produtos químicos e biológicos comerciais sobre o crescimento de uma linhagem de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) foi avaliado por meio de testes *in vitro*, onde foram testados oito produtos em cinco diferentes concentrações

#### 5.1.1. Produtos químicos

##### 5.1.1.1. Produto Frowncide 500 SC<sup>®</sup>:

O produto Frowncide 500 SC<sup>®</sup> foi testado nas concentrações 1 L/100 L; 2 L/100 L; 3 L/100 L; 4 L/100 L e 5 L/100 L. Em todas as dosagens testadas verificou-se o aparecimento de halo de inibição de crescimento da bactéria, sendo que o melhor resultado foi observado na dosagem de 2 L/100 L, que apresentou 60,29 % de inibição do crescimento da bactéria (Figura 4, Tabela 3).



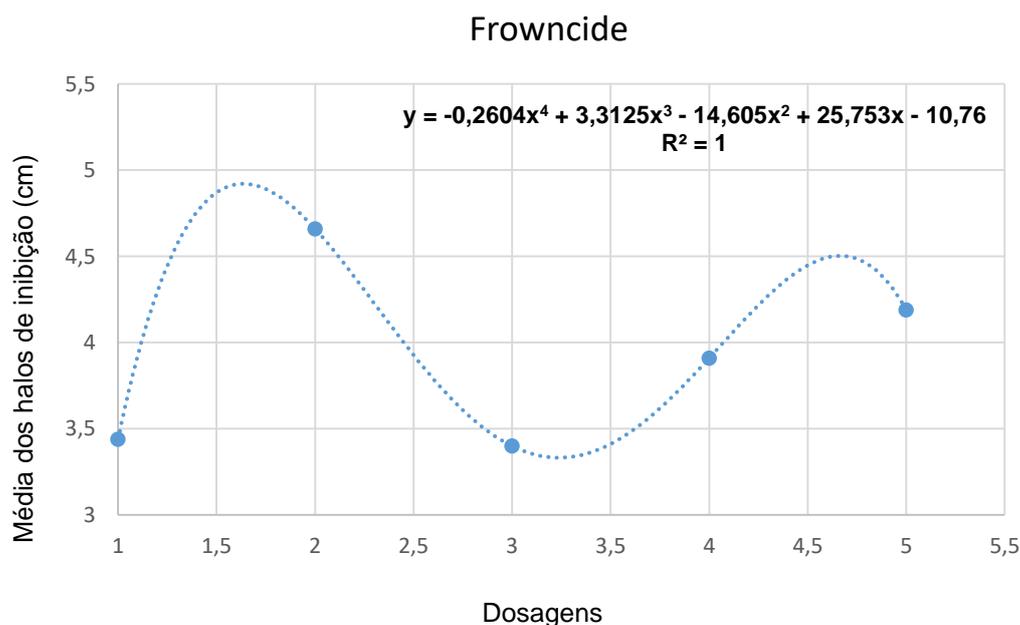
**Figura 4.** Efeito do produto Frowncide 500 SC<sup>®</sup> sobre o crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). (A) Controle positivo de crescimento da linhagem; (B) Dose 1 L/100 L; (C) Dose 2 L/100 L; (D) Dose 3 L/100 L; (E) Dose 4 L/100 L; (F) Dose 5 L/100 L.

**Tabela 3.** Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Frowncide 500 SC®.

Repetições	1 L/100 L	2 L/100 L	3 L/100 L	4 L/100 L	5 L/100 L
1	3,75	4,75	3,95	4,85	5,00
2	3,40	5,00	2,45	2,80	4,50
3	3,50	4,60	3,10	5,00	4,80
4	3,85	4,35	2,65	4,10	3,95
5	2,70	4,60	4,85	2,80	2,70
<b>Médias*</b>	<b>3,44 b</b>	<b>4,66 a</b>	<b>3,40 b</b>	<b>3,91 ab</b>	<b>4,19 ab</b>
<b>% inibição</b>	<b>32,83%</b>	<b>60,29%</b>	<b>32,09%</b>	<b>42,21%</b>	<b>48,44%</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

Baseado nos dados da regressão podemos observar linha de tendência polinomial, mostrando variância no efeito do produto sobre a inibição da bactéria. A melhor dosagem para a inibição de crescimento da linhagem de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) ficou entre 1,5 L/ 100 L e 2 L/100 L (Figura 5).



**Figura 5:** Gráfico de regressão polinomial do produto Frowncide 500 SC®, média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de  $R^2$ .

O fungicida Frowncide 500 SC<sup>®</sup>, possui como princípio ativo o Fluazinam, recomendado para o controle da sarna comum causada por *Streptomyces scabiei*. De acordo com sua bula, o produto pode ser aplicado tanto em dose única 3,0 L/ha, quanto em dose parcelada 2,0 L/ha no plantio, mais 1,0 L/ha na amontoa. De acordo com a bula e os resultados obtidos na regressão, a melhor maneira de se obter um controle mais eficaz da bactéria seria a aplicação do produto em dose parcelada, já que a regressão mostra que o produto é eficaz na dose entre 1,5 e 2 L/ 100 L, sendo assim a dose parcelada vai ser aplicada no plantio e amontoa promovendo um tempo maior do produto em contato com a bactéria no solo.

Nos testes *in vitro*, o produto demonstrou efeito de inibição de crescimento da bactéria em todas as dosagens testadas. Resultados semelhantes foram observados em estudo realizado por Orduño-Cota e colaboradores (2011), onde testaram 22 fungicidas para inibir o crescimento de *Streptomyces scabiei*, dentre os produtos testaram o Fluazinam nas doses de 0; 100; 1.000; 2.000; 3.000; 4.000; 5.000; 6.000; 7.000; 8.000; 9.000 e 10.000 ppm, apresentando efeito inibitório a partir da dose de 100 ppm. Sendo o produto químico testado que possuiu maior eficiência para o controle do patógeno nos testes realizados, assim como nesse estudo. Porém, o gráfico apresentado no trabalho de Orduño-Cota e colaboradores (2011) apresenta linha de tendência linear, mostrando quanto maior a dose usada do produto, maior o efeito na inibição do crescimento da bactéria, fato que não foi observado nesse trabalho.

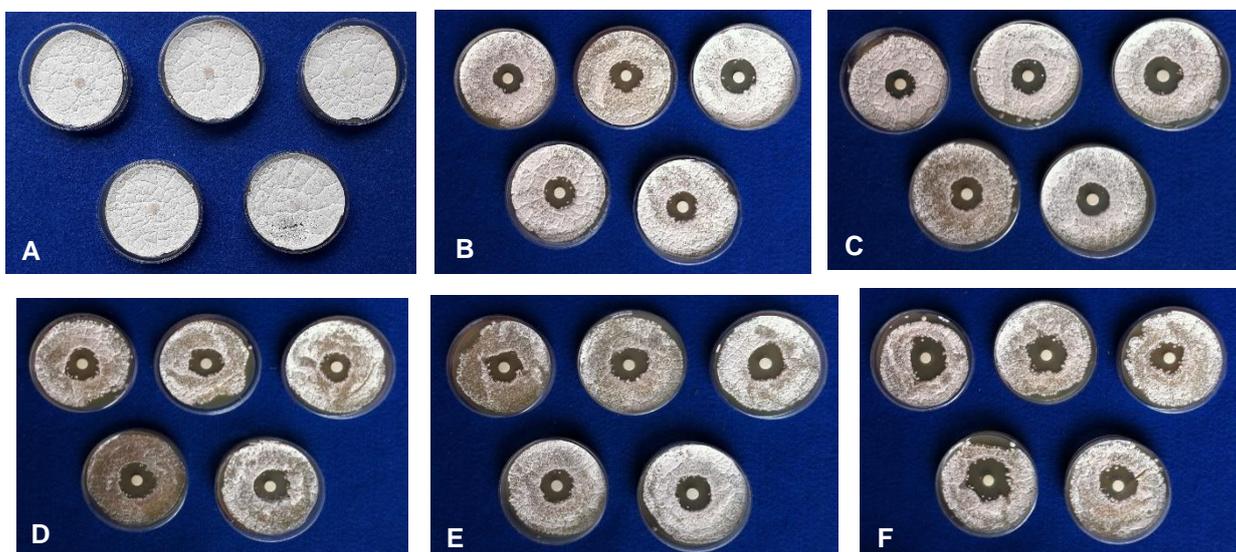
Sendo que nos testes realizados por Orduño-Cota (2011) o máximo de inibição que o Fluazinam provocou foi de aproximadamente 23% na dose de 10.000. Enquanto no presente estudo foi observada inibição de 60,29% no crescimento da bactéria na dose de 2 L/ 100 L.

O Fluazinam também se mostrou eficaz em experimento *in vitro* realizado por Fischer et al., (2005), onde testaram 15 diferentes fungicidas para inibir o crescimento de três linhagens de *Streptomyces scabiei*, nas doses de 1 e 10 ppm. Dentre os produtos testados apenas Chlorothalonil e Fluazinam inibiram completamente o crescimento da bactéria a 1 ppm.

Com os resultados obtidos no teste *in vitro* e de acordo com a literatura é possível dizer que o produto Frowncide 500 SC<sup>®</sup>, é um produto em potencial para realizar o controle da sarna da batata. Porém outros testes devem ser realizados para resultados conclusivos.

#### 5.1.1.2. Produto Zignal<sup>®</sup>:

Nos experimentos realizados com o produto Zignal<sup>®</sup> foram testadas as doses de 10, 100, 500, 1.000, 2.000 mL/100 L. Além de se verificar halos de inibição, também foi possível a observação de halos e inibição de esporulação, quando comparados ao controle em todas as doses testadas (Figuras 6, Tabela 4).



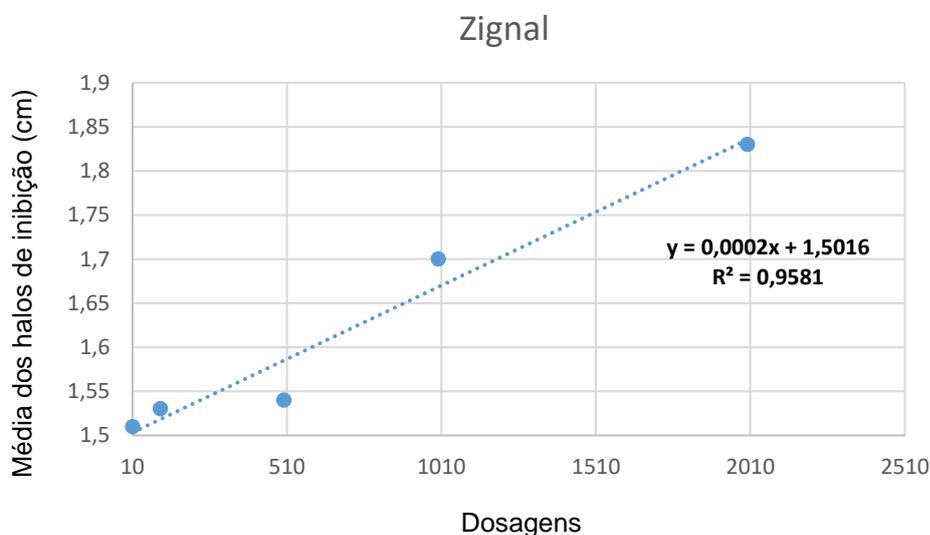
**Figura 6.** Efeito do produto Zignal<sup>®</sup> sobre o crescimento da *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). (A) Controle positivo de crescimento da linhagem; (B) Dose 10 mL/100 L; (C) Dose 100 mL/100 L; (D) Dose 500 mL/100 L; (E) Dose 1.000 mL/100 L; (F) Dose 2.000 mL/100 L.

**Tabela 4.** Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Zignal®.

Repetições	10 mL/ 100 L	100 mL/ 100 L	500 mL/ 100 L	1.000 mL/ 100 L	2.000 mL/ 100 L
1	1,55	1,30	1,50	1,70	2,00
2	1,70	1,55	1,70	1,70	1,10
3	1,45	1,50	1,35	1,65	1,90
4	1,45	1,80	1,50	1,75	1,80
5	1,40	1,50	1,65	1,70	2,35
<b>Médias*</b>	<b>1,51 a</b>	<b>1,53 a</b>	<b>1,54 a</b>	<b>1,70 a</b>	<b>1,83 a</b>
<b>% Inibição</b>	<b>6,19%</b>	<b>6,29%</b>	<b>6,54%</b>	<b>7,99%</b>	<b>9,09%</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

De acordo com a medida dos halos e a análise de regressão, o produto apresentou comportamento linear nas doses que foram testadas (Figura 7), significando que quanto maior a dose, maior o efeito de inibição no crescimento da bactéria. Sendo a dose testada de 2.000 mL/ 100 L a mais eficaz, inibindo o crescimento da bactéria em 9,09%. Assim como nos experimentos realizados por Orduño-Cota e colaboradores (2011) onde o produto Fluazinam também apresentou comportamento linear. Porém ao realizar a análise estatística de Duncan foi possível verificar que não houve diferença significativa entre os tratamentos testados.

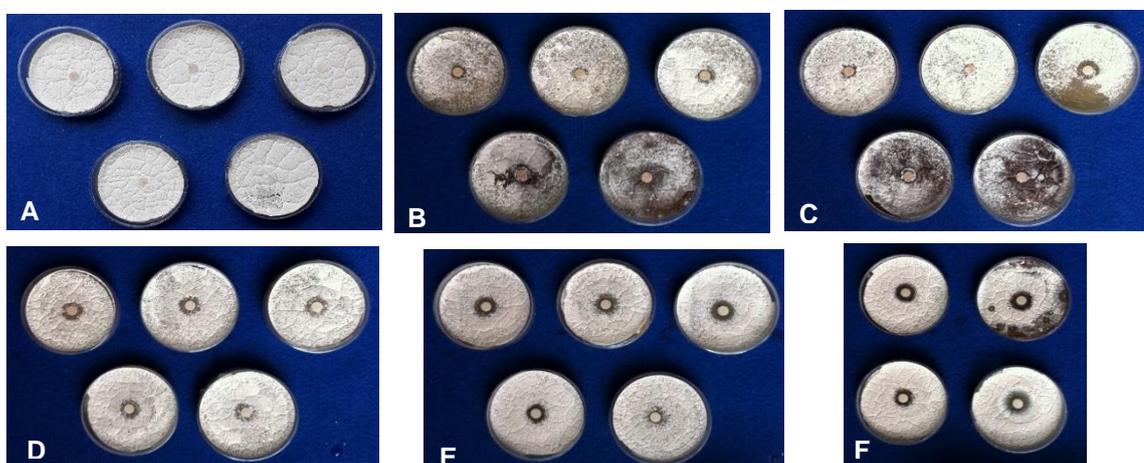


**Figura 7.** Gráfico de regressão linear do produto Zignal®, média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de  $R^2$ .

De acordo com a bula, o produto Zignal<sup>®</sup> é recomendado para o controle da sarna comum. Seu princípio ativo também é o Fluazinam, porém quando comparado com o produto Frowncide 500 SC<sup>®</sup>, mostrou-se menos eficiente no poder de inibição do crescimento da *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). Enquanto a dose de 2 L/ 100 L do Frowncide 500 SC<sup>®</sup> mostrou inibição de 60,29%, a melhor dose do Zignal<sup>®</sup> inibiu 9,09%.

#### 5.1.1.3. Produto Rovral<sup>®</sup>:

O produto Rovral<sup>®</sup> também foi avaliado em cinco diferentes concentrações (10, 100, 1.000, 2.000 e 4.000 mL/100 L). Nos testes realizados utilizando-se a dose de 10 mL/100 L não foi possível a observação de halo de inibição de crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959), porém visualmente pode-se observar redução na esporulação da bactéria quando comparada à placa controle, fato que foi observado na dose de 100 mL/ 100 L também. Nas dosagens de 1.000, 2.000 e 4.000 mL/100 L o crescimento bacteriano foi similar ao controle porém, pequenos halos de inibição foram observados (Figuras 8; Tabela 5).



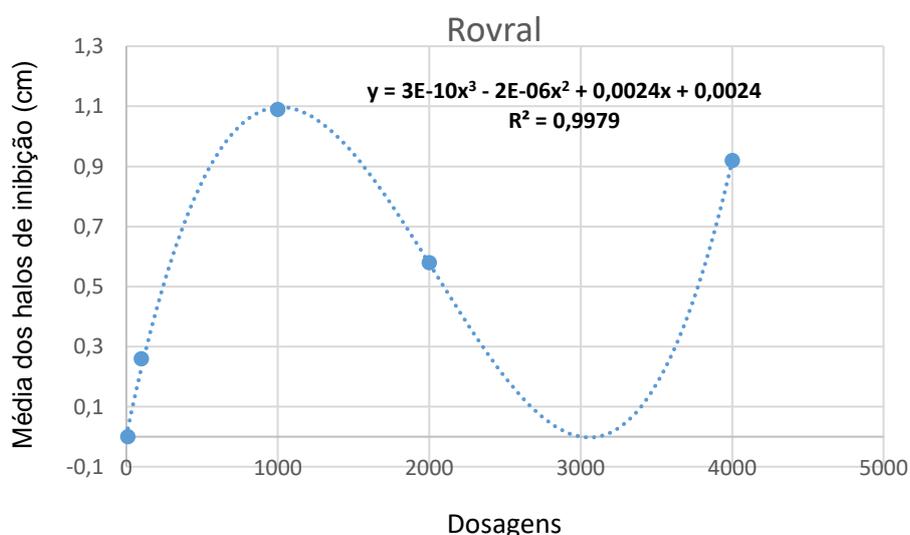
**Figura 8.** Efeito do produto Rovral<sup>®</sup> sobre o crescimento da *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). (A) Controle positivo de crescimento da linhagem; (B) Dose 10 mL/100 L; (C) Dose 100 mL/100 L; (D) Dose 1.000 mL/100 L; (E) Dose 2.000 mL/100 L; (F) Dose 4.000 mL/100 L.

**Tabela 5.** Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Rovral®.

Repetições	10 mL/ 100 L	100 mL/ 100 L	1.000 mL/ 100 L	2.000 mL/ 100 L	4.000 mL/ 100 L
1	0	0,30	1,00	1,00	0,92
2	0	0	1,05	0	0,70
3	0	1,00	1,00	1,00	1,00
4	0	0	1,00	0	1,00
5	0	0	1,40	0,90	1,00
<b>Médias*</b>	<b>0,00 d</b>	<b>0,26 cd</b>	<b>1,09 a</b>	<b>0,58 bc</b>	<b>0,92 ab</b>
<b>% Inibição</b>	<b>0%</b>	<b>0,18%</b>	<b>3,22%</b>	<b>0,88%</b>	<b>2,30%</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

De acordo com a Tabela 5 e análise de regressão concluiu-se que a melhor dose encontrada para inibição de crescimento da bactéria foi de 1.000 mL/100 L, possuindo diferença significativa dentre as demais doses testadas de acordo com a análise de Duncan, onde observou-se 3,22% de inibição. O gráfico apresentado abaixo demonstra linha de tendência polinomial onde há um declive no efeito inibitório do produto após a dosagem de 1.000 mL/100 L, porém seu efeito volta a aumentar a partir da dosagem de 3.000 mL/100 L (Figura 9).



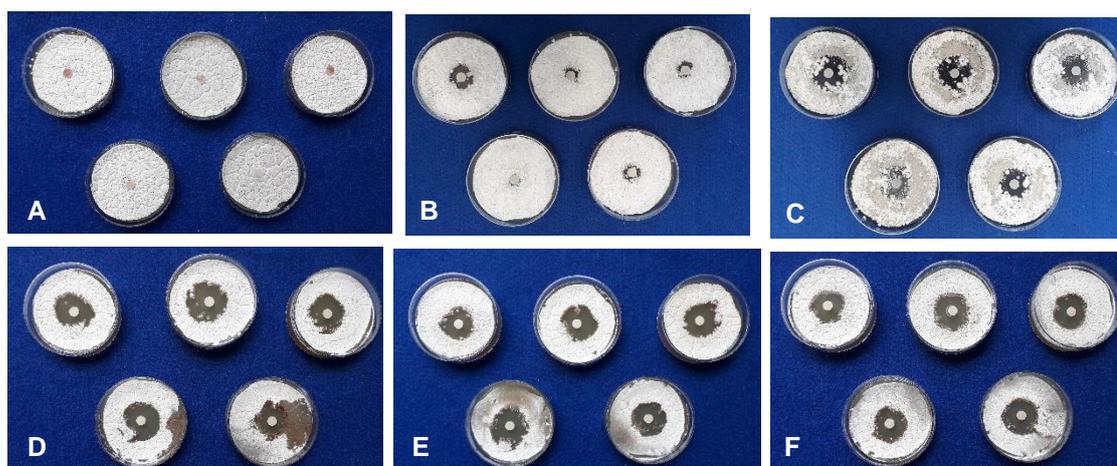
**Figura 9.** Gráfico de regressão polinomial do produto Rovral®, média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de  $R^2$ .

O fungicida Rovral® possui como princípio ativo a Iprodiona. Na cultura da batata esse produto é empregado apenas para o controle da *Alternaria solani*, fungo responsável por causar a chamada pinta-preta. De acordo com LIU e colaboradores (2007), esse produto apresentou 86,11% de controle dessa doença em solanáceas. Os autores concluíram também que esse produto misturado com linhagens de *Bacillus subtilis* causou aumento na capacidade de controle.

Na literatura não há registro do uso desse fungicida para o controle da sarna da batata. Os testes *in vitro* realizados mostraram que a Iprodiona foi pouco eficaz na inibição do crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) com apenas 3,22% de inibição do crescimento da bactéria.

#### 5.1.1.4. Produto Galben M®:

O produto Galben M® foi testado nas doses de 10, 100, 1.000, 2.000 e 4.000 g/100 L e foi possível observar halos de inibição de crescimento da bactéria em todas as dosagens testadas, sendo 1.000 g/100 L a responsável pelos maiores valores dos halos de inibição observados, resultando em 11,99% de inibição, apresentando diferença significativa apenas com a dose de 10 g/100 L (Figura 10, Tabela 6).



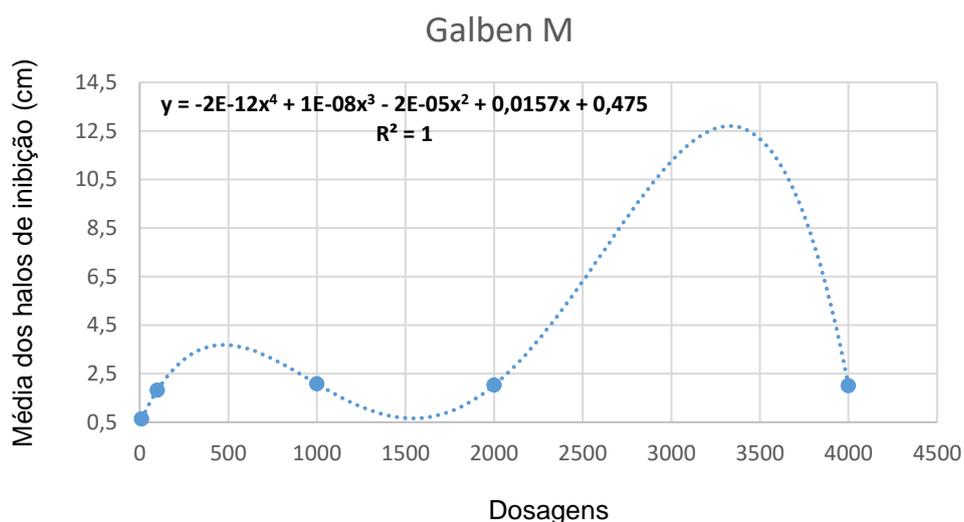
**Figura 10.** Efeito do produto Galben M® sobre o crescimento da *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). (A) Controle positivo de crescimento da linhagem; (B) Dose 10 g/100 L; (C) Dose 100 g/100 L; (D) Dose 1.000 g/100 L; (E) Dose 2.000 g/100 L; (F) Dose 4.000 g/100 L.

**Tabela 6.** Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Galben M®.

Repetições	10 g/100 L	100 g/100 L	1.000 g/100 L	2.000 g/100 L	4.000 g/100 L
1	0,20	1,50	1,70	1,95	1,85
2	1,10	1,85	1,90	2,15	2,00
3	1,25	1,90	2,25	2,15	2,05
4	0,25	2,10	2,25	1,90	1,95
5	0,35	1,75	2,30	2,00	2,15
<b>Médias*</b>	<b>0,63 b</b>	<b>1,82 a</b>	<b>2,08 a</b>	<b>2,03 a</b>	<b>2,00 a</b>
<b>% Inibição</b>	<b>0,99%</b>	<b>9,09%</b>	<b>11,99%</b>	<b>11,54%</b>	<b>11,11%</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

Na análise de regressão abaixo pode-se observar linha de tendência polinomial, demonstrando que o produto pode variar o seu efeito dependendo da dose aplicada, indicando que a concentração com maior efeito de inibição de crescimento da *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) ficaria entre as dosagens de 3.000 e 3.500 g /100 L. Dado que se assemelha com o indicado na bula, onde a dose do produto recomendada é de 3,0 Kg/ ha para requeima (Figura 11).



**Figura 11.** Gráfico de regressão polinomial do produto Galben M®, média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de  $R^2$ .

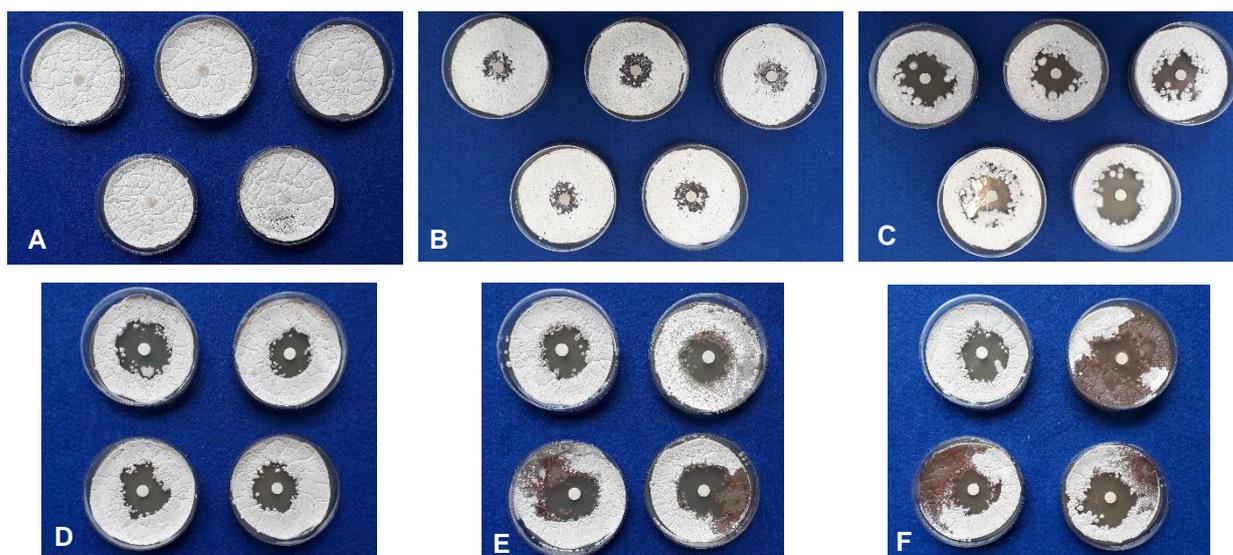
O produto Galben M<sup>®</sup> tem em sua composição Benalaxil e Mancozebe, sendo indicado para cultura da batata apenas para o controle da requeima, doença causada pelo fungo *Phytophthora infestans*. O princípio ativo Benalaxil não está indicado para a sarna da batata, e não há registros literários que indiquem seu emprego no controle dessa doença. Porém, o princípio ativo Mancozebe já foi descrito na literatura para controle de *Streptomyces*.

De acordo com Davidse e colaboradores (1988), o Benalaxyl mostrou atividade de controle contra cepas resistentes de *Phytophthora infestans*. Já o princípio ativo Mancozeb foi testado por Hosny e colaboradores (2014), contra a sarna da batata em uma formulação junto com Metalaxil nas doses de 1.500; 3.000 e 6.000 ppm. Nos testes *in vitro* o produto promoveu 2 % de inibição da bactéria sendo o terceiro fungicida testado com maior eficiência. Já no presente estudo o Mancozeb junto com o Benalaxil conseguiu inibir o crescimento da bactéria em 11,99% na dose de 1.000 g/ 100 L. Mostrando que o princípio ativo Mancozeb tem maior eficácia junto ao Benalaxil do que com Metalaxil.

O Mancozeb também proporcionou controle da sarna em experimentos no campo desenvolvidos na Austrália, quando feito o tratamento dos tubérculos sementes com o produto antes do plantio e após, diminuindo a incidência da doença em até 92% nos campos (PUNG; CROSS, 2000).

#### **5.1.1.5. Produto Mancozeb<sup>®</sup>:**

O produto Mancozeb<sup>®</sup> foi testado nas dosagens de 10 g/ 100 L, 100 g/ 100 L, 2.000 g/ 100 L, 4.000 g/ 100 L, 6.000 g/ 100 L, e em todas as concentrações foram observados halos de inibição de crescimento da bactéria. Cabe salientar, que o produto causou diminuição de esporulação nas dosagens de 4.000 e 6.000 g/100 L quando comparado às placas controle (Figura 12). As dosagens de 100 g e 6.000 g/100 L mostraram grau de eficiência parecido, não apresentando diferença significativa de acordo com a análise estatística de Duncan, ambas dosagens inibiram o crescimento da bactéria em 16,41% (Tabela 7).



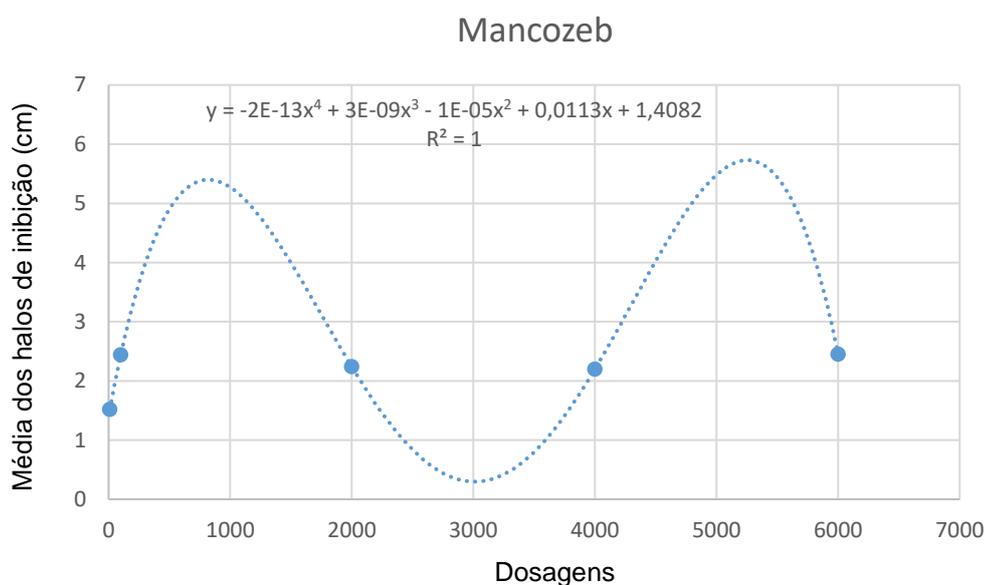
**Figura 12.** Efeito do produto Mancozeb® sobre o crescimento da *Streptomyces sp.* (IBSBF 2959). (A) Controle positivo de crescimento da linhagem; (B) Dose 10 g/100 L; (C) Dose 100 g/100 L; (D) Dose 2.000 g/100 L; (E) Dose 4.000 g/100 L; (F) Dose 6.000 g/100 L.

**Tabela 7.** Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de *Streptomyces sp.* (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Mancozeb®.

Repetições	10 g/100 L	100 g/100 L	2.000 g/100 L	4.000 g/100 L	6.000 g/100 L
1	1,50	2,35	2,55	2,00	2,40
2	1,50	2,50	2,20	2,10	2,30
3	1,75	2,50	2,30	2,10	2,15
4	1,50	2,35	2,15	2,10	2,60
5	1,35	2,50	2,00	2,70	2,80
<b>Médias*</b>	<b>1,52 b</b>	<b>2,44 a</b>	<b>2,24 a</b>	<b>2,20 a</b>	<b>2,45 a</b>
<b>% Inibição</b>	<b>6,29%</b>	<b>16,41%</b>	<b>13,87%</b>	<b>13,41%</b>	<b>16,41%</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

A regressão apresentou um gráfico com linha de tendência polinomial mostrando que o produto possui variação no seu efeito de inibição do crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) dependendo da dose utilizada. (Figura 13).



**Figura 13.** Gráfico de regressão polinomial do produto Mancozeb®, média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de  $R^2$ .

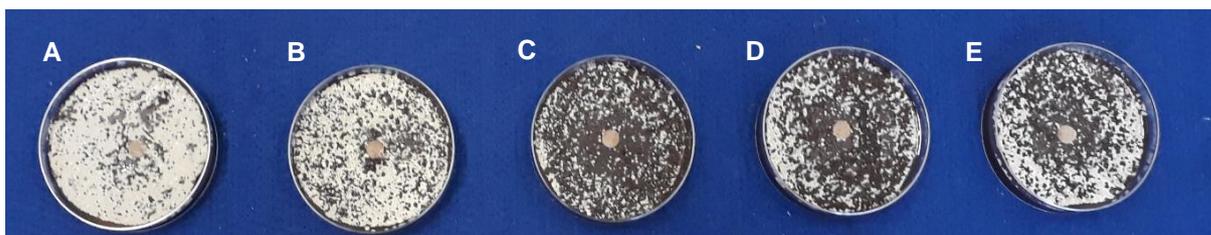
Fischer e colaboradores (2005), testaram o Mancozebe *in vitro* em três doses diferentes, o produto mostrou eficiência na inibição do crescimento da bactéria nas três doses testadas assim como o presente estudo.

Orduño-Cota e colaboradores(2011), apontaram que o Mancozebe mostrou eficácia a partir da dose de 3.000 ppm para a inibição do crescimento de linhagens de *Streptomyces scabiei in vitro*, não apresentando halos de inibição nas doses de 100; 1.000 e 2.000 ppm. E nos testes *in vivo* o produto apresentou eficácia ao diminuir as lesões em 90% quando comparado com o controle. Leyva-Mir e colaboradores testaram o Mancozebe (2,4 Kg/ ha) no campo, obtendo 20,93% de redução na severidade da doença.

Dessa maneira é possível dizer que o Mancozeb® pode ser um produto indicado para a inibição de crescimento da bactéria do gênero *Streptomyces*.

#### 5.1.1.6. Produto Moncut®:

O produto químico Moncut® foi testado nas concentrações 1 L/100 L, 2 L/100 L, 3 L/100 L, 4 L/100 L, 5 L/100 L, entretanto, não foram observados halos de inibição de crescimento da bactéria em todas as doses testadas. Porém, o produto causou redução na esporulação de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) quando comparada com as placas de controle de crescimento da linhagem (Figura 14).



**Figura 14.** Efeito do produto Moncut® sobre o crescimento da *Streptomyces* sp. I(BSBF 2959). (A) Dose 1 L/100 L; (B) Dose 2 L/100L; (C) Dose 3 L/100L; (D) Dose 4 L/100L; (E) Dose 5 L/100L.

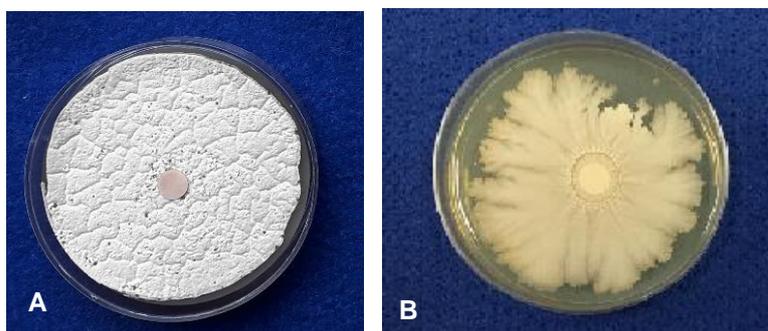
De acordo com a bula, o produto Moncut® não é indicado para o controle da sarna da batata causada por *Streptomyces*. É indicado apenas para o controle da bactéria *Rhizoctonia solani* na cultura da batata, sendo aplicado 200 a 300 L/ha durante o plantio. Isolados de *Rhizoctonia solani* foram isolados de tubérculos na França e todos apresentaram sensibilidade ao Flutolanil, princípio ativo do produto Moncut controlando a bactéria em 30% (CAMPION, 2003).

Cabe salientar, então, que não existem dados na literatura do emprego do produto Moncut no controle da sarna e tampouco o efeito da diminuição da esporulação da bactéria na severidade da doença e, portanto, estudos complementares serão necessários para melhor entendimento desse efeito.

## 5.1.2. Produtos Biológicos

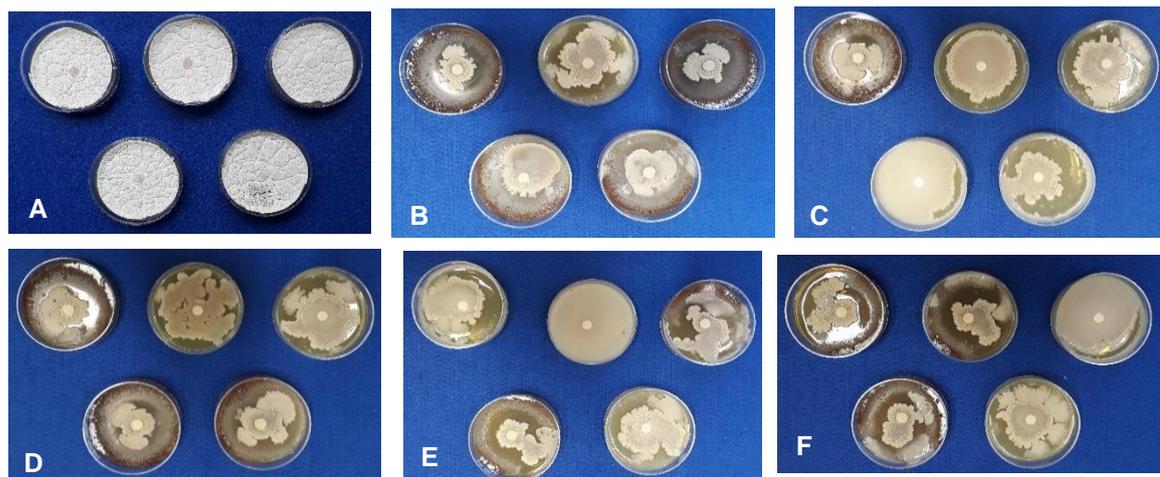
### 5.1.2.1. Produto Serenade®:

O produto Serenade® foi testado nas dosagens de 1 L/100 L; 2 L/100 L; 3 L/100 L; 4 L/100 L e 5 L/100 L. Nos experimentos foi utilizado o meio YME, rico em nutrientes, o que possibilitou o crescimento vigoroso tanto da linhagem de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) utilizada quanto do *Bacillus subtilis* presente na composição do produto (Figura 15).



**Figura 15.** Experimentos com o produto Serenade *in vitro*. (A) Controle positivo de crescimento da linhagem de *Streptomyces* sp. IBSBF 2959, (B) Controle positivo do produto Serenade (3 L/100 L).

Nas cinco dosagens avaliadas foi possível observar a presença de halos de inibição de crescimento, além de inibição de esporulação de *Streptomyces* sp. (Figura 16, Tabela 8). A partir da concentração 2 L/100 L, foi possível observar que o produto causou efeito inibitório total do crescimento da linhagem de *Streptomyces* sp. em algumas repetições. Nas concentrações de 2 L/100 L; 3 L/100 L 4 L/100 L e 5 L/100 L observou-se crescimento do *Bacillus subtilis*, presente na formulação do produto, por toda extensão da placa de Petri (Figura 16). Resultando em inibição de 55,73%, 56,19%, 56,24% e 56,65%, respectivamente (Tabela 8).



**Figura 16.** Teste do efeito do produto Serenade sobre o crescimento da *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). (A) Controle positivo de crescimento da linhagem (B) Dose 1 L/100 L; (C) Dose 2 L/100 L; (D) Dose 3 L/100 L; (E) Dose 4 L/100 L; (F) Dose 5 L/100 L.

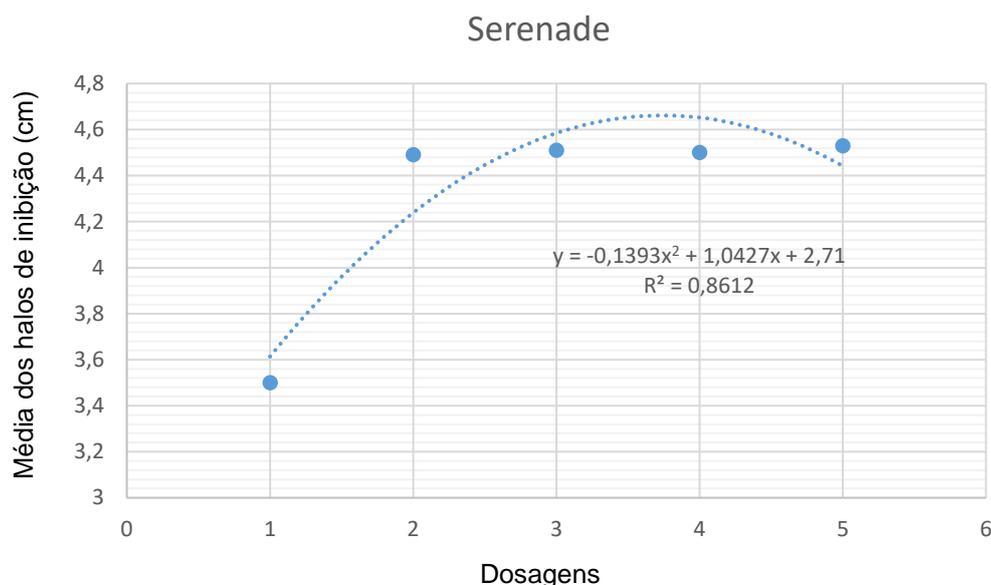
**Tabela 8.** Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) diferentes concentrações do produto Serenade®.

Repetições	1 L/100 L	2 L/100 L	3 L/100 L	4 L/100 L	5 L/100 L
1	2,95	5,00	5,00	5,00	4,80
2	3,15	3,35	5,00	4,15	4,20
3	4,25	4,50	3,95	4,85	5,00
4	3,75	5,00	4,40	3,75	5,00
5	3,40	4,60	4,20	4,75	3,65
<b>Médias*</b>	<b>3,50 b</b>	<b>4,49 a</b>	<b>4,51 a</b>	<b>4,50 a</b>	<b>4,53 a</b>
<b>% Inibição</b>	<b>33,97%</b>	<b>55,73%</b>	<b>56,19%</b>	<b>56,24%</b>	<b>56,65%</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

De acordo com a análise estatística de regressão, o gráfico resultante apresentou linha de tendência polinomial, sugerindo que o produto apresentou um crescente efeito inibitório até aproximadamente a dosagem de

4 L/100 L, e após essa dosagem verificou-se um declive na linha de tendência, ou seja, diminuição de seu efeito inibitório (Figura 17). Porém entre as doses testadas apenas a dose de 1 L/100 L apresentou diferença significativa, a dose de 5 L/100 L apresentou o melhor resultado inibindo o crescimento da *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) em 56,65% (Tabela 8).



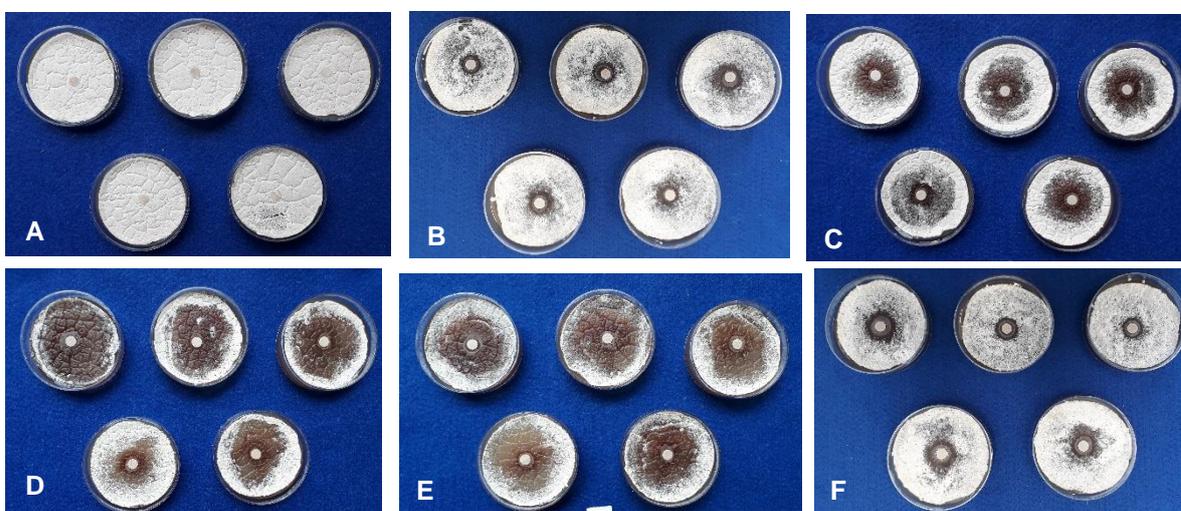
**Figura 17.** Gráfico de regressão polinomial do produto Serenade®, média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de  $R^2$ .

O produto Serenade, não é registrado para o controle da sarna, porém tem em sua composição *Bacillus subtilis*, uma bactéria considerada um excelente agente de biocontrole, possuindo potencial para reduzir diretamente incidência de doenças (NGUGIA et al., 2005; YAO et al., 2006). Essa espécie bacteriana possui algumas características que permitem sua sobrevivência na rizosfera, o que aumenta sua eficácia como biopesticida (LOSICK; KOLTER, 2008; ROSAS-GARCIA, 2009).

Por isso, de acordo com os dados obtidos no presente estudo e na literatura, é cabível dizer que o produto Serenade é um possível produto biológico eficiente no controle da sarna.

### 5.1.2.2. Produto Quartzo®:

Nos ensaios com o produto Quartzo®, foram testadas as doses de 10 g/100 L; 100 g/100 L; 200 g/100 L; 400 g/100 L; 1.000 g/100 L e não foram observados halos de inibição de crescimento da bactéria nas concentrações testadas, apenas diminuição na esporulação de *Streptomyces* sp., ficando esse fato mais evidente na dosagem de 400 g/100 L, onde diminuiu a esporulação da bactéria em 35,52% (Figura 18). Mesmo nenhuma das dosagens apresentarem halo de inibição de crescimento da bactéria, foram medidos os halos de inibição de esporulação e feita as análises (Tabela 9)



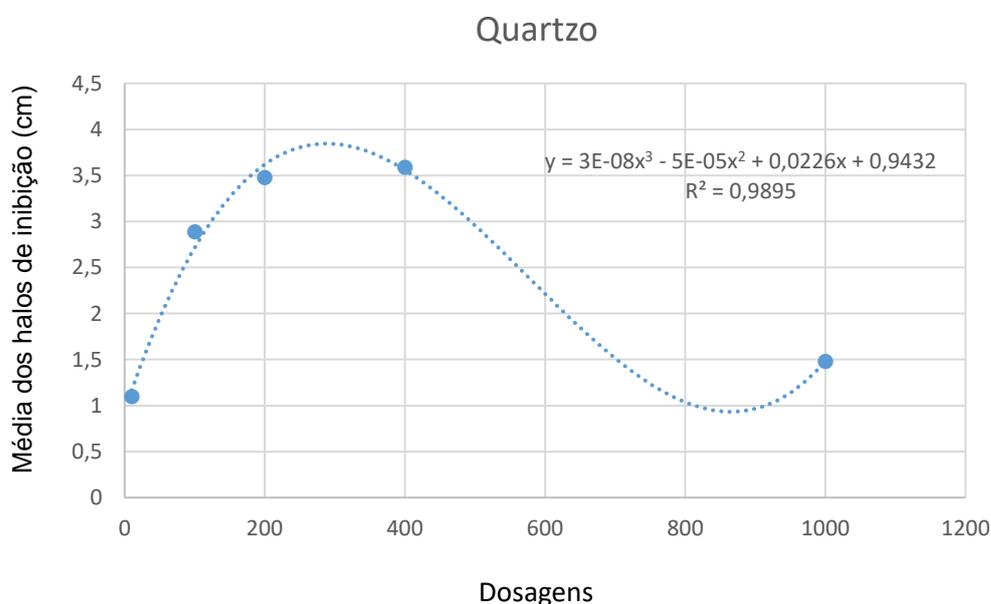
**Figura 18.** Efeito do produto Quartzo sobre o crescimento da *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). (A) Controle positivo de crescimento da linhagem; (B) Dose 10 g/100 L; (C) Dose 100 g/100 L; (D) Dose 200 g/100 L; (E) Dose 400 g/100 L; (F) Dose 1.000 g/100 L.

**Tabela 9.** Medidas dos halos (cm) e porcentagem (%) de inibição de crescimento de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) nas diferentes concentrações do produto Quartzo®.

Repetições	10	100	200	400	1.000
1	1,25	2,25	3,45	3,55	1,15
2	1,15	3,05	4,25	3,85	1,85
3	1,40	2,95	3,70	3,45	1,00
4	1,15	3,10	2,65	3,60	1,90
5	0,60	3,10	3,35	3,50	1,50
<b>Médias*</b>	<b>1,10 c</b>	<b>2,89 b</b>	<b>3,48 a</b>	<b>3,59 a</b>	<b>1,48 c</b>
<b>% Inibição</b>	<b>3,32%</b>	<b>22,96%</b>	<b>33,54%</b>	<b>35,52%</b>	<b>5,98%</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

Ao realizar a análise de regressão, o gráfico resultante apresentou linha de tendência polinomial verificando-se que a melhor dosagem para a inibição de esporulação da *Streptomyces* encontra-se entre as doses de 200 e 400g/100 L. (Figura 19)



**Figura 19.** Gráfico de regressão polinomial do produto Quartzo®, média das medidas dos halos de inibição de crescimento, dosagens testadas, equação de reta e coeficiente de determinação de  $R^2$ .

O produto biológico quartzo possui em sua composição duas espécies diferentes de *Bacillus* (*B. subtilis* e *B.licheniformis*). De acordo com sua bula o produto não é indicado para o controle da sarna, apenas usado como nematicida.

Algumas espécies de *Bacillus* sp. já foram estudadas para a realização do controle sarna na batata. HAN e colaboradores testaram o *Bacillus* sp. *sunhua*, reduzindo a taxa de infecção causada por *Streptomyces* em 75%. O *Bacillus amyloliquefaciens* BAC03 também reduziu a severidade da sarna comum de 17 a 57%, melhorando ainda o crescimento dos tubérculos de batata, sendo considerado um bom agente de biocontrole no manejo da doença (MENG et al., 2013).

Como não há registros na literatura sobre o uso do produto Quartzo para o controle da sarna, e os resultados dos testes também não foram conclusivos, já que não sabemos o quanto a diminuição da esporulação da bactéria afeta a severidade da doença, não é possível verificar se o produto seria eficaz para tal finalidade.

## **5.2. Avaliação de produtos químicos e biológicos comerciais para controle da sarna da batata – Testes *in vivo* (casa de vegetação)**

### **5.2.1. Produto químico**

#### **5.2.1.1. Produto Frowncide® x *Streptomyces scabiei* IBSBF 2950:**

O produto Frowncide® foi testado *in vivo* (casa de vegetação) para verificar sua eficácia no controle da sarna da batata.

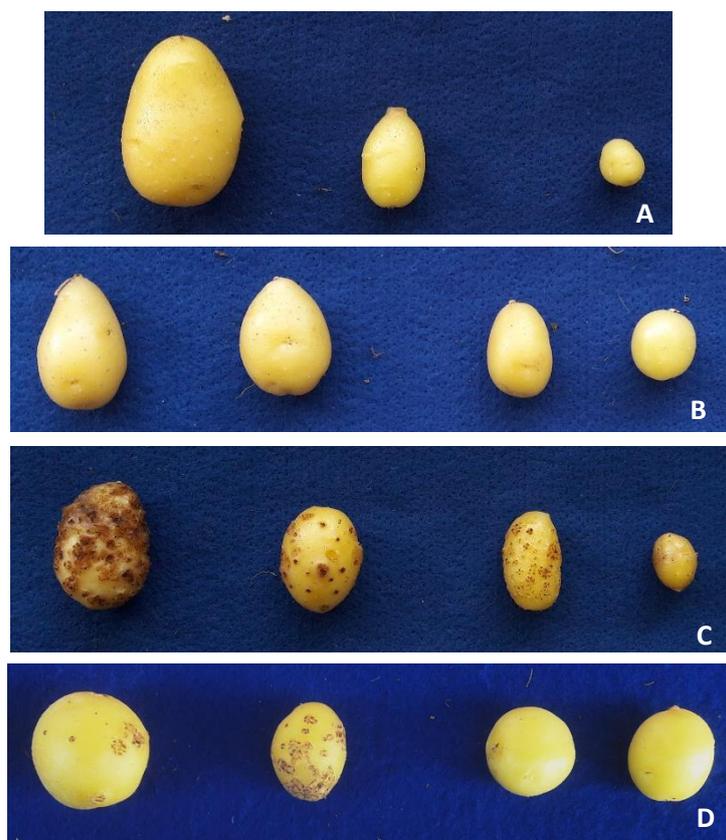
Pela Tabela 10 verificou-se que houve redução da porcentagem da área de lesões nos tubérculos, verificando-se 33,5% no controle positivo (IBSBF 2950) e apenas 2% no teste com o produto (Figura 20).

De acordo com a análise estatística de Duncan, foi possível verificar diferença significativa entre o fator 1 [Controle Positivo (IBSBF 2950)] e o fator 2 (IBSBF 2950 + Frowncide). O produto mostrou capacidade de reduzir os sintomas da doença de em 94% (de 33,5 para 2%) (Tabela 10).

**Tabela 10.** Tratamentos e nota atribuída aos sintomas causados por *S. scabiei* (IBSBF 2950) e a porcentagem de lesões presentes nos tubérculos após aplicação do produto Frowncide® (teste *in vivo*).

Tratamento	Repetições	Nota dos sintomas	% da área com lesões*
Controle negativo	1	0	0%
	2	0	0%
	3	0	0%
	4	0	0%
	5	0	0%
	6	0	0%
	7	0	0%
<b>Média</b>			<b>0 % b</b>
Controle Positivo (IBSBF 2950)	1	3	25%
	2	4	50%
	3	3	25%
	4	4	50%
	5	4	50%
	6	3	25%
	7	2	10%
<b>Média</b>			<b>33,57% a*</b>
Controle Produto (Frowncide)	1	0	0%
	2	0	0%
	3	0	0%
	4	0	0%
	5	0	0%
	6	0	0%
	7	0	0%
<b>Média</b>			<b>0 % b</b>
IBSBF 2950 + Frowncide	1	1	1%
	2	0	0%
	3	0	0%
	4	1	1%
	5	1	1%
	6	2	10%
	7	1	1%
<b>Média</b>			<b>2% b*</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).



**Figura 20.** Teste de patogenicidade *in vivo* Frowncide® x *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950). (A) Controle de plantio do tubérculo cv. Ágata sem tratamento; (B) controle de plantio apenas com o produto Frowncide®; (C) controle de plantio com substrato inoculado com *S. scabiei* IBSBF 2950 e sem o produto Frowncide®; (D) plantio de tubérculo após pulverização do produto no sulco (antes do plantio) em solo infectado com a bactéria.

#### **5.2.1.2. Produto Frowncide® x *Streptomyces* sp. IBSBF 2959:**

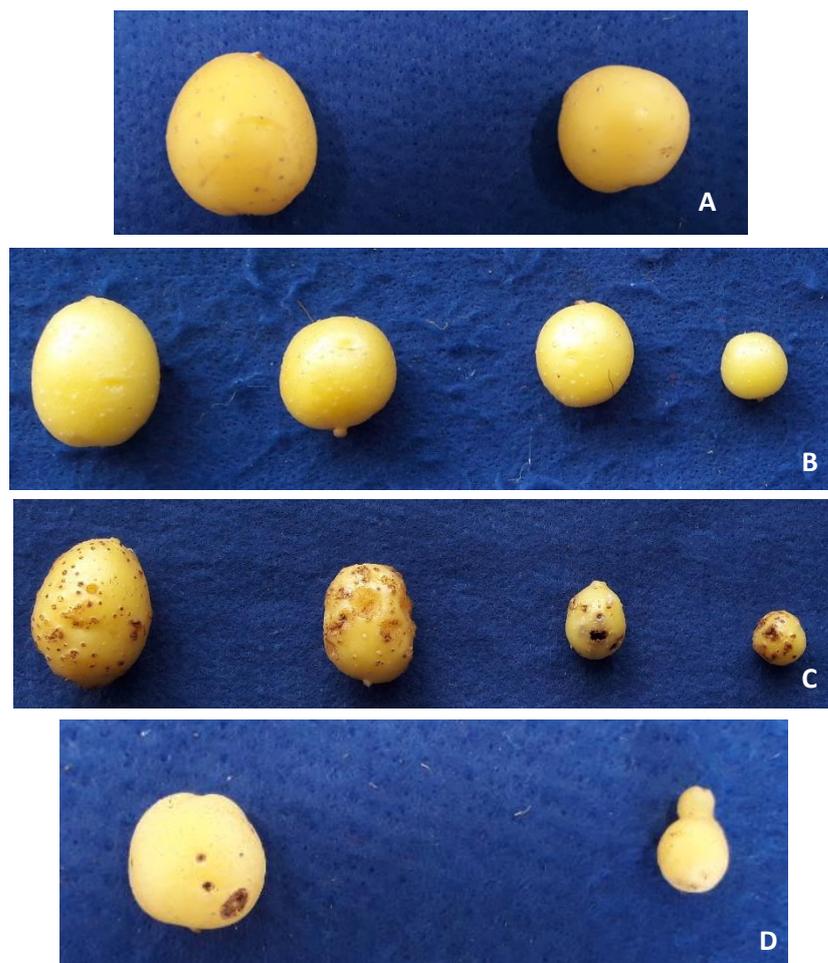
O produto Frowncide® também foi testado *in vivo* (casa de vegetação) utilizando-se a linhagem de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959), considerada também uma das mais agressivas do país (Corrêa 2011).

Nesse experimento, a redução de porcentagem da área de lesões nos tubérculos foi de 67% (18,57 % no controle e 6,14% no tratamento com o produto). De acordo com a análise estatística de Duncan, foi possível verificar diferença significativa entre o fator 1 [Controle Positivo (IBSBF 2959)] e o fator 2 (IBSBF 2959 + Frowncide) (Figura 21, Tabela 11)

**Tabela 11.** Tratamentos e nota atribuída aos sintomas causados por *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) e a porcentagem de lesões presentes nos tubérculos após aplicação do produto Frowncide® (teste *in vivo*).

Tratamento	Repetições	Nota dos sintomas	% da área com lesões*
Controle negativo	1	0	0%
	2	0	0%
	3	0	0%
	4	0	0%
	5	0	0%
	6	0	0%
	7	0	0%
<b>Média</b>			<b>0% c</b>
Controle Positivo (IBSBF 2959)	1	3	25%
	2	2	10%
	3	3	25%
	4	3	25%
	5	3	25%
	6	2	10%
	7	2	10%
<b>Média</b>			<b>18,57% a*</b>
Controle Produto (Frowncide)	1	0	0%
	2	0	0%
	3	0	0%
	4	0	0%
	5	0	0%
	6	0	0%
	7	0	0%
<b>Média</b>			<b>0 % c</b>
IBSBF 2959 + Frowncide	1	1	1%
	2	2	10%
	3	1	1%
	4	1	1%
	5	2	10%
	6	2	10%
	7	2	10%
<b>Média</b>			<b>6,14% b*</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).



**Figura 21.** Teste de patogenicidade *in vivo* Frowncide® x *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). (A) Controle de plantio do tubérculo cv. Ágata sem tratamento algum; (B) controle de plantio apenas com o produto Frowncide®; (C) controle de plantio com substrato inoculado com *Streptomyces* sp. IBSBF 2959 e sem o produto Frowncide®; (D) plantio de tubérculo após pulverização do produto no sulco (antes do plantio) em solo infestado com a bactéria.

Fischer e colaboradores (2005) testaram os fungicidas Chlorothalonil, Fluazinam e Oxicloreto de cobre, fazendo a aplicação dos produtos durante o plantio e amontoa porém, os autores concluíram que não foi possível observar eficiência no controle da sarna e diminuição no aparecimento de lesões causados pela doença entre os tratamentos, não havendo diferenças estatísticas significativas entre os produtos. Ainda, Leyva-Mir e colaboradores (2013) testaram o produto Fluazinam (1L / ha) em campo no México, aplicando-o no plantio e após 45 dias na amontoa e os resultados mostraram diminuição da severidade da doença em 24%.

Ordunõ-Cota e colaboradores (2011) testaram o Fluazinam em campo utilizando 3 doses diferentes (3,3 mL/ L; 6,6 mL/ L e 9,9 mL/ L) contra *Streptomyces scabiei*. Nesse estudo o produto apresentou eficiência para o controle da doença em todas as doses, variando de 0 a 10% o aparecimento de lesões quando comparado com o controle, ou seja, inibição de até 90%.

Ao comparar os dois testes do presente trabalho, onde o Fluazinam foi empregado para controle de linhagens de *Streptomyces in vivo*, foi possível observar uma grande diferença no controle dos patógenos, pois o produto suprimiu a doença em 94% quando testada a linhagem IBSBF 2950 e aproximadamente 67% no caso da linhagem IBSBF 2959.

Os resultados da literatura corroboram os resultados do nosso estudo, demonstrando que o Fluazinam é um produto que pode ser recomendado para o controle da sarna da batata, com a ressalva de que seu grau de eficácia pode variar de acordo com a cultivar utilizada e o patógeno associado à doença. No nosso estudo o produto proporcionou redução do número de lesões de 67-94%, ou seja, sua recomendação está adequada.

## **5.2.2. Produto Biológico**

### **5.2.2.1. Produto Serenade® x *Streptomyces scabiei* IBSBF 2950:**

O produto biológico Serenade® foi testado contra a linhagem de *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) em experimentos em casa de vegetação (*in vivo*).

Uma vez que o produto tem por princípio ativo uma linhagem de *Bacillus subtilis* e que essa espécie bacteriana pode ser considerada como promotora de crescimento, decidiu-se, no mesmo experimento, verificar a quantidade e peso dos tubérculos nos tratamentos, revelando que o produto não provocou diferença significativa no número e peso dos tubérculos.

**Tabela 12.** Tratamentos, quantidade e peso dos tubérculos obtidos em cada vaso (7 repetições) e nota atribuída aos sintomas causados por *S. scabiei* (IBSBF 2950) e a porcentagem de lesões presentes nos tubérculos após aplicação do produto Serenade® (teste *in vivo*).

Tratamento	Repetições	Quantidade de tubérculos*	Peso (g)*	Nota sintomas	% da área com lesões*
Controle sem bactéria e sem produto	1	3	26,21	0	0%
	2	2	13,03	0	0%
	3	2	12,39	0	0%
	4	2	14,01	0	0%
	5	3	12,41	0	0%
	6	3	17,16	0	0%
	7	4	28,14	0	0%
<b>Média</b>		<b>2,71 b</b>	<b>17,62 a</b>		<b>0% b</b>
Controle Positivo (IBSBF 2950)	1	2	24,17	2	10%
	2	1	16,27	2	10%
	3	2	19,89	3	25%
	4	2	16,46	4	50%
	5	4	14,34	3	25%
	6	4	18,75	2	10%
	7	3	16,41	4	50%
<b>Média</b>		<b>2,57 b</b>	<b>18,04 a</b>		<b>25,71% a</b>
Controle Produto (Serenade)	1	3	12,35	0	0%
	2	2	19,15	0	0%
	3	2	14,34	0	0%
	4	2	23,03	0	0%
	5	2	16,66	0	0%
	6	4	17,96	0	0%
	7	4	18,77	0	0%
<b>Média</b>		<b>2,71 b</b>	<b>17,46 a</b>		<b>0% b</b>
IBSBF 2950 + Serenade	1	5	16,73	1	1%
	2	3	15,77	2	10%
	3	5	20,35	2	10%
	4	6	20,50	1	1%
	5	4	21,10	1	1%
	6	5	16,48	2	10%
	7	6	19,40	2	10%
<b>Média</b>		<b>4,85 a</b>	<b>18,61 a</b>		<b>6,14% b</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

O efeito do produto contra a linhagem de *S. scabiei* IBSBF 2950 foi verificado através do cálculo de porcentagem de lesões encontrada nos tubérculos após o tratamento de acordo com a escala diagramática de James (1971). Os resultados mostraram que o produto apresentou efeito direto na redução dos sintomas em 76% (25,7% no controle e 6,14% no tratamento com o produto). A redução do aparecimento de sintomas ficou evidente na análise de Duncan onde o fator 1 (Controle positivo IBSBF 2950) e o fator 2 (IBSBF 2950 + Serenade®) mostraram diferença significativa, foi possível também verificar que houve aumento na quantidade de tubérculos no tratamento possuindo a bactéria e o produto, porém, o peso não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 12, Figura 22).



**Figura 22.** Teste de patogenicidade *in vivo* Serenade® x *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950). (A) Controle de plantio do tubérculo cv. Ágata sem tratamento algum; (B) controle de plantio apenas com o produto Serenade®; (C) controle de plantio com substrato inoculado com *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) e sem o produto Serenade®; (D) plantio de tubérculo após pulverização do produto no sulco (antes do plantio) em solo infestado com a bactéria.

#### **5.2.2.2. Produto Serenade® x *Streptomyces* sp. IBSBF 2959:**

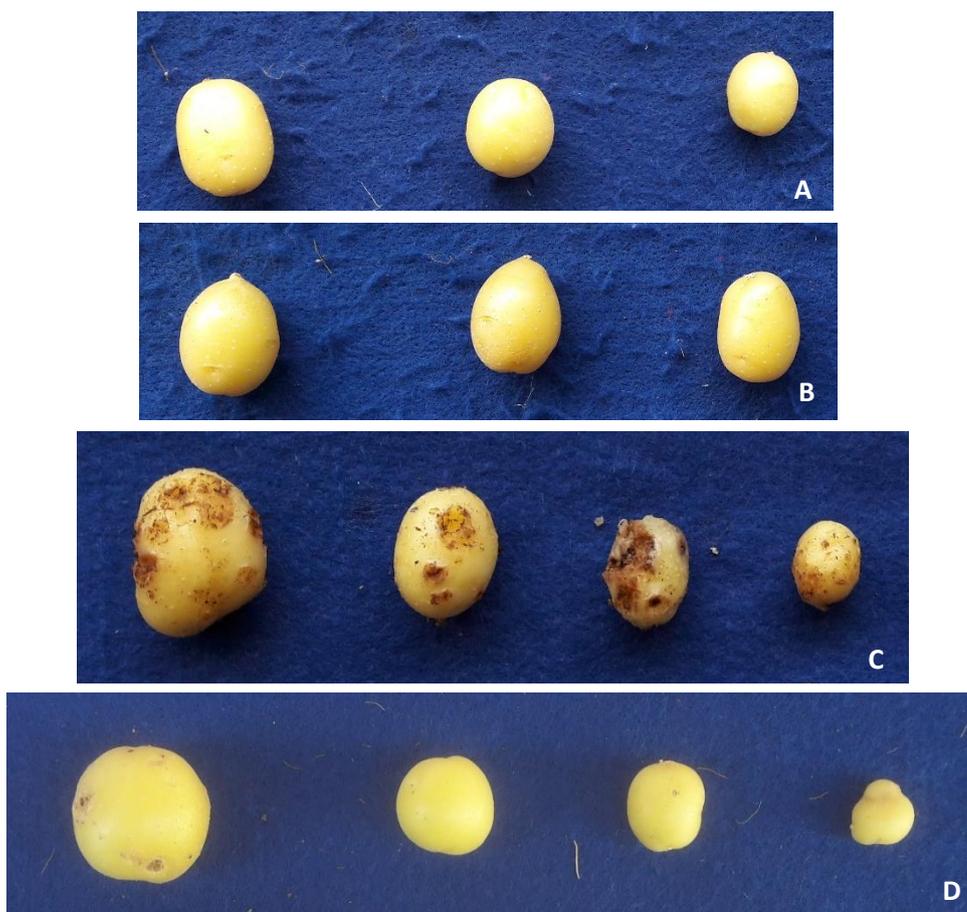
O mesmo experimento em casa de vegetação (*in vivo*) foi realizado contra a linhagem de *Streptomyces* sp. IBSBF 2959.

Os resultados mostraram que o produto apresentou efeito direto na redução dos sintomas em 87% (27,8% no controle e 3,57% no tratamento com o produto). A redução do aparecimento de sintomas ficou evidente na análise estatística de Duncan onde o fator 1 (Controle positivo IBSBF 2959) e o fator 2 (IBSBF 2959 + Serenade®) mostraram diferença significativa (Tabela 13, Figura 23).

**Tabela 13.** Tratamentos, quantidade e peso dos tubérculos obtidos em cada vaso (7 repetições) e nota atribuída aos sintomas causados por *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) após aplicação do produto Serenade® (teste *in vivo*).

Tratamento	Repetições	Quantidade de tubérculos*	Peso (g)*	Nota dos sintomas	% da área com lesões*
Controle negativo	1	4	10,35	0	0%
	2	1	10,94	0	0%
	3	3	10,68	0	0%
	4	1	11,65	0	0%
	5	3	12,11	0	0%
	6	4	12,87	0	0%
	7	3	16,30	0	0%
<b>Média</b>		<b>2,71 a</b>	<b>12,12 bc</b>		<b>0 % b</b>
Controle Positivo (IBSBF 2959)	1	3	14,09	4	50%
	2	1	17,70	2	10%
	3	3	15,26	3	25%
	4	5	18,34	2	10%
	5	2	10,15	3	25%
	6	4	17,18	4	50%
	7	4	18,56	3	25%
<b>Média</b>		<b>3,14 a</b>	<b>15,89 a</b>		<b>27,85% a</b>
Controle Produto (Serenade)	1	2	11,16	0	0%
	2	4	21,97	0	0%
	3	3	13,68	0	0%
	4	4	14,35	0	0%
	5	3	16,04	0	0%
	6	4	14,82	0	0%
	7	4	17,39	0	0%
<b>Média</b>		<b>3,42 a</b>	<b>15,63 ab</b>		<b>0% b</b>
IBSBF 2959 + Serenade	1	1	2,35	1	1%
	2	3	6,76	2	10%
	3	5	15,09	1	1%
	4	3	14,84	1	1%
	5	4	11,52	1	1%
	6	4	15,79	2	10%
	7	5	12,26	1	1%
<b>Média</b>		<b>3,57 a</b>	<b>11,23 c</b>		<b>3,6% b</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).



**Figura 23.** Teste de patogenicidade *in vivo* Serenade® x *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959). (A) Controle de plantio do tubérculo cv. Ágata sem tratamento algum; (B) controle de plantio apenas com o produto Serenade®; (C) controle de plantio com substrato inoculado com *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) e sem o produto Serenade®; (D) plantio de tubérculo após pulverização do produto no sulco (antes do plantio) em solo infestado com a bactéria.

Comparando-se o número e peso dos tubérculos ao tratamento controle, verificou-se que as variações observadas foram mínimas, indicando que o produto não apresentou efeito de promoção de crescimento.

O produto Serenade® possui como princípio ativo a linhagem de *Bacillus subtilis* QST 713 e não está registrado para o controle da sarna da batata. Entretanto, na literatura foi possível encontrar alguns trabalhos onde espécies de *Bacillus* foram utilizadas para o controle dessa doença.

Han e colaboradores (2005) utilizaram o *Bacillus* sp. sunhua na supressão da sarna, reduzindo a taxa de infecção na faixa de 75% a 35%. *Bacillus amyloliquefaciens* BAC03 foi empregado em estudo realizado por Meng e colaboradores (2013) e os resultados mostraram redução da severidade da sarna na faixa de 17 a 57%. Além disso foi registrado melhor crescimento dos tubérculos de batata, o que não ocorreu no nosso trabalho. Os autores concluíram que *Bacillus* pode ser considerado um bom agente de controle biológico no manejo da doença.

No presente estudo, o produto Serenade® proporcionou redução do número de lesões em até 76-87% (*in vivo*), ou seja, embora o produto não esteja registrado atualmente para controle da sarna, ele pode ser recomendado para tal fim.

### **5.3. Potencial antagônico de linhagens de *Bacillus subtilis* no controle de *Streptomyces***

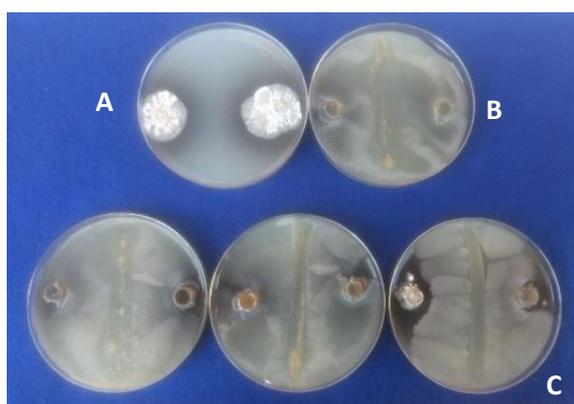
O potencial antagônico de linhagens de *Bacillus subtilis* no controle de *Streptomyces* também foi avaliado visando uma estratégia alternativa de controle da sarna da batata.

Nesse experimento foram testadas duas linhagens de *B. subtilis* (IBSBF 896 e 898) contra a linhagem de *S. scabiei* IBSBF 2950 e *Streptomyces* sp. IBSBF 2959.

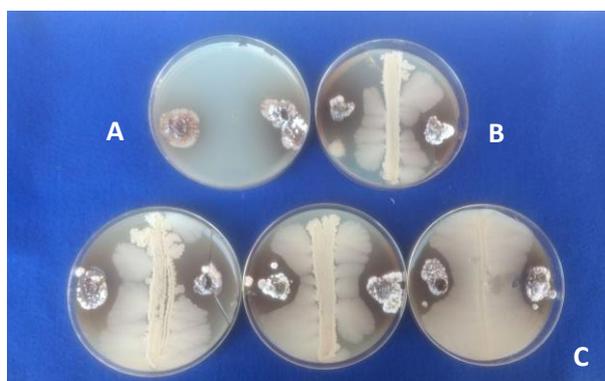
Verificou-se que as duas linhagens de *B. subtilis* testadas se comportaram como potenciais antagonistas. Nos testes realizados com a linhagem de *B. subtilis* IBSBF 896 foram observadas diferenças no potencial antagônico contra as linhagens de *Streptomyces* utilizadas, com inibição de crescimento de 47% e 6,77% para IBSBF 2950; e IBSBF 2959, respectivamente (Figuras 24 e 25). Nos ensaios com a linhagem de *B. subtilis* IBSBF 898, a inibição do crescimento de *S. scabiei* foi de 34 % e de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) foi 16% (Figuras 26 e 27). Cabe salientar que, de acordo com Corrêa (2011) a linhagem de *Streptomyces* sp. (IBSBF 2959) foi considerada a mais agressiva dentre as 137

linhagens de *Streptomyces* isoladas nas regiões produtoras de batata no país, o que explicaria a redução do potencial antagonístico das linhagens de *B. subtilis* sobre essa linhagem.

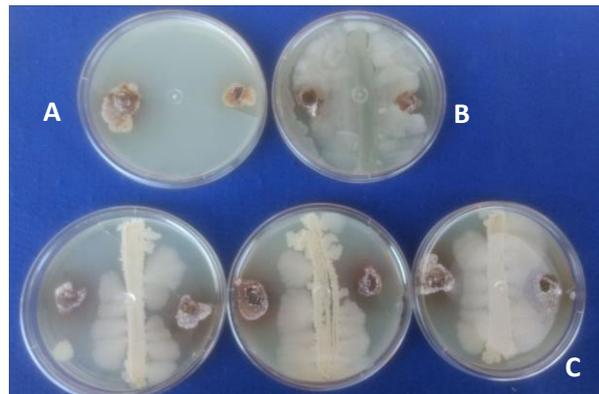
Resultados similares foram obtidos em trabalho realizado por Campanoni (2015) onde a mesma linhagem de *Bacillus* IBSBF 898 foi testada contra a linhagem de *S. scabiei* IBSBF 2298 e o valor de inibição verificado foi 18,42%.



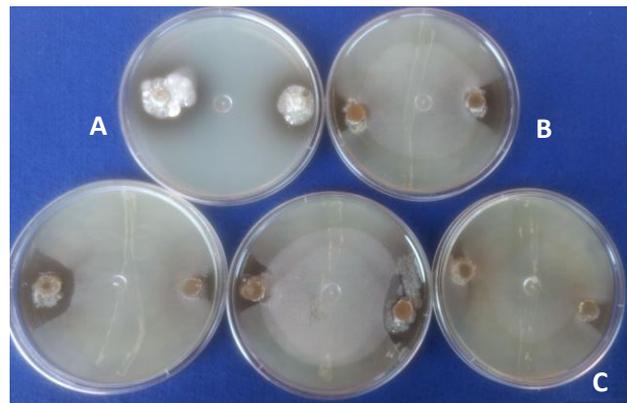
**Figura 24.** Teste de pareamento de culturas utilizando a linhagem de *B. subtilis* IBSBF 896 contra a linhagem de *S. scabiei* IBSBF 2950 (A) Controle *S. scabiei* IBSBF 2950, (B) Controle *B. subtilis* IBSBF 896, (C) IBSBF 896 contra linhagem patogênica IBSBF 2950.



**Figura 25.** Teste de pareamento de culturas utilizando a linhagem de *B. subtilis* IBSBF 896 contra a linhagem de *Streptomyces* sp IBSBF 2959 (A) Controle *Streptomyces* sp IBSBF 2959, (B) Controle *B. subtilis* IBSBF 896, (C) IBSBF 896 contra linhagem patogênica IBSBF 2959.



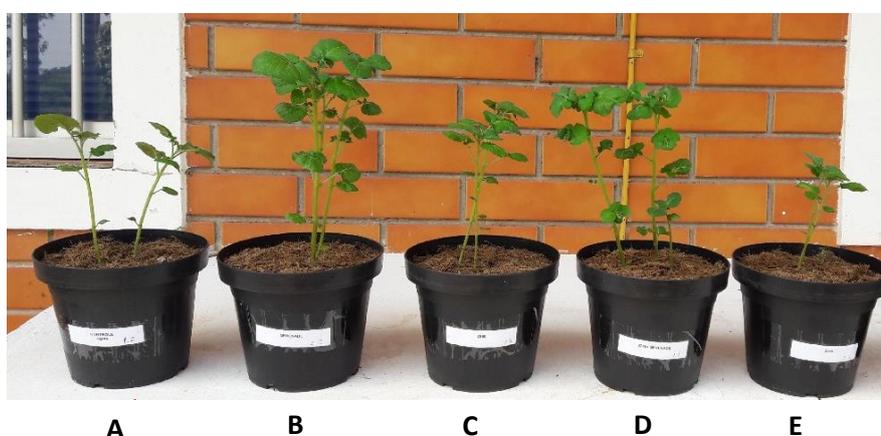
**Figura 26.** Teste de pareamento de culturas utilizando a linhagem de *B. subtilis* IBSBF 898 contra a linhagem de *S. scabiei* IBSBF 2950 (A) Controle *S. scabiei* IBSBF 2950, (B) Controle *B. subtilis* IBSBF 898, (C) IBSBF 898 contra linhagem patogênica IBSBF 2950.



**Figura 27.** Teste de pareamento de culturas utilizando a linhagem de *B. subtilis* IBSBF 898 contra a linhagem de *Streptomyces* sp IBSBF 2959 (A) Controle *Streptomyces* sp IBSBF 2959, (B) Controle *B. subtilis* IBSBF 898, (C) IBSBF 898 contra linhagem patogênica IBSBF 2959.

#### 5.4. Avaliação do efeito do tratamento de tubérculos-semente com microrganismo promotor de crescimento (*Bacillus subtilis*) sobre a incidência da sarna em batata – Testes *in vivo* (casa de vegetação)

O teste de promoção de crescimento de batata semente, cultivar Ágata, foi realizado testando-se duas linhagens de *Bacillus subtilis* (IBSBF 896 e 898). Nos ensaios, a diferença no desenvolvimento das plantas foi observada visualmente, mostrando uma diminuição no tempo para a brotação e crescimento das plantas.



**Figura 28.** Teste de promoção de crescimento em casa de vegetação empregando-se as linhagens de *Bacillus subtilis* IBSBF 896 e 898. (A) Controle Ágata; (B) IBSBF 896; (C) IBSBF 896 + IBSBF 2950; (D) IBSBF 898; (E) IBSBF 898 + IBSBF 2950.

Os testes revelaram que os dois isolados de *Bacillus subtilis* mostraram efeito de promoção de crescimento das plantas de batata, sendo que a linhagem IBSBF 896 aumentou o peso da massa seca em 35,82 % e a linhagem IBSBF 898 em 29,10 %, porém quando colocados juntos com a linhagem de *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) a promoção de crescimento foi menor, de 25,37 % com a linhagem IBSBF 896 e 8,95% com IBSBF 898 (Tabela 14).

**Tabela 14.** Massa média de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de plantas de batata, inoculadas com as linhagens de *Bacillus subtilis* e porcentagem de aumento de massa seca.

<b>Tratamento</b>	<b>MMSPA** (g)</b>	<b>% de aumento***</b>
<b>Controle*</b>	1,34	-
<b>896</b>	1,82	35,82%
<b>898</b>	1,73	29,10%
<b>896 + 2950</b>	1,68	25,37%
<b>898 + 2950</b>	1,46	8,95%

\*Controle sem adição de linhagens de *B. subtilis*.

\*\*Massa média de matéria seca da parte aérea em gramas.

\*\*\*Porcentagem do aumento de matéria seca calculado de acordo com a fórmula.

Com relação ao efeito das linhagens de *Bacillus subtilis* sobre a incidência da sarna, verificou-se que as linhagens de IBSBF 896 e 898 apresentaram comportamentos diferentes com relação à redução dos sintomas da doença. O tratamento com a linhagem IBSBF 898 proporcionou redução das lesões em 86,5%, enquanto a linhagem IBSBF 896 aumentou a incidência em 16% aproximadamente (Tabelas 15 e 16).

**Tabela 15.** Tratamentos e nota atribuída aos sintomas causados por *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) após aplicação do *Bacillus subtilis* (IBSBF 896).

Tratamento	Repetições	Quantidade tubérculos*	Peso (g)*	Nota dos sintomas	% área com lesões*
Controle negativo	1	3	9,64	0	0%
	2	2	10,19	0	0%
	3	2	16,69	0	0%
	4	3	16,20	0	0%
	5	2	15,02	0	0%
	6	2	10,08	0	0%
	7	3	13,41	0	0%
<b>Média</b>		<b>2,42 ab</b>	<b>13,03 b</b>		<b>0% b</b>
Controle Positivo (IBSBF 2950)	1	2	18,03	3	25%
	2	1	15,92	3	25%
	3	3	10,62	4	50%
	4	2	14,85	3	25%
	5	3	16,93	4	50%
	6	1	11,16	2	10%
	7	2	15,20	4	50%
<b>Média</b>		<b>2 b</b>	<b>14,67 b</b>		<b>33,6% a</b>
Controle <i>B. subtilis</i> (IBSBF 896)	1	2	13,95	0	0%
	2	4	15,33	0	0%
	3	3	19,05	0	0%
	4	2	12,13	0	0%
	5	2	15,85	0	0%
	6	4	23,77	0	0%
	7	4	23,14	0	0%
<b>Média</b>		<b>3 ab</b>	<b>17,60 ab</b>		<b>0% b</b>
IBSBF 2950 + <i>B. subtilis</i> (IBSBF 896)	1	4	13,55	4	50%
	2	3	29,09	3	25%
	3	3	20,91	4	50%
	4	4	20,50	3	25%
	5	3	21,20	4	50%
	6	3	16,76	4	50%
	7	2	21,48	3	25%
<b>Média</b>		<b>3,14 a</b>	<b>20,49 a</b>		<b>39,3% a</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 16.** Tratamentos e nota atribuída aos sintomas causados por *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) após aplicação do *Bacillus subtilis* (IBSBF 898).

Tratamento	Repetições	Quantidade de tubérculos	Peso	Nota dos sintomas	% da área com lesões
Controle negativo	1	2	12,48	0	0%
	2	2	14,92	0	0%
	3	1	16,39	0	0%
	4	3	12,42	0	0%
	5	2	13,86	0	0%
	6	2	10,70	0	0%
	7	3	11,66	0	0%
<b>Média</b>		<b>2,14 a</b>	<b>13,20 a</b>		<b>0% b</b>
Controle Positivo (IBSBF 2950)	1	2	16,04	2	10%
	2	3	10,69	3	25%
	3	3	10,46	3	25%
	4	2	11,22	3	25%
	5	2	11,57	3	25%
	6	1	9,83	4	50%
	7	2	11,32	3	25%
<b>Média</b>		<b>2,14 a</b>	<b>11,59 a</b>		<b>26,42% a</b>
Controle <i>B. subtilis</i> (IBSBF 898)	1	5	13,43	0	0%
	2	4	11,77	0	0%
	3	2	18,38	0	0%
	4	3	14,92	0	0%
	5	2	13,33	0	0%
	6	3	16,52	0	0%
	7	2	11,28	0	0%
<b>Média</b>		<b>3 a</b>	<b>14,23 a</b>		<b>0% b</b>
IBSBF 2950 + <i>B. subtilis</i> (IBSBF 898)	1	3	11,76	1	1%
	2	1	13,28	2	10%
	3	1	10,12	1	1%
	4	1	10,65	1	1%
	5	2	12,36	1	1%
	6	3	14,78	2	10%
	7	3	12,98	1	1%
<b>Média</b>		<b>2 a</b>	<b>12,27 a</b>		<b>3,57 b</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% ( $P < 0,05$ ).

Dados de literatura apontam que produtos contendo *B. subtilis* em sua formulação proporcionam benefícios não só no sentido de atuação como antagonistas, defendendo a cultura da batata contra patógenos, mas também no efeito de enraizamento, emergência e número de hastes (BRANDI et al., 2015).

Antônio e Alcântara (2017) verificaram o efeito da aplicação de *Bacillus subtilis* e bioestimulante Stimulate® no desenvolvimento inicial da cultura da batata, mostrando que o *B. subtilis* associado ao bioestimulante promoveram aumento de 49% na germinação dos tubérculos, 65 % maior área foliar das plantas de batata e 26% de aumento no tamanho da raiz das plantas.

A promoção de crescimento proporcionada por linhagens de *Bacillus subtilis*, além de testada em batata, foi também avaliada em outras culturas. Manjula e Podile (2005) analisaram a promoção de crescimento em feijão guandu por meio da utilização da linhagem de *Bacillus subtilis* AF-1 e observaram aumento no peso seco das mudas de 29 a 33%.

Já Moreira e Araujo (2013) realizaram estudo empregando isolados de *B. subtilis* para promover o crescimento de *Eucalyptus urograndis*. Dos 127 isolados testados, 15 apresentaram potencial para promoção de crescimento e entre esses 15, cinco apresentaram significativo desempenho, aumentando de 53 a 167% na produção de massa seca na parte aérea da planta, quando comparados ao controle.

Os resultados obtidos nesta etapa do estudo indicaram que as linhagens de *Bacillus subtilis* apresentaram efeitos diferentes frente à presença de *Streptomyces scabiei* e que, portanto, antes do emprego deste antagonista em nível de campo, testes preliminares devem ser efetuados para garantir o seu bom desempenho.

## 6. CONCLUSÕES

- Os testes *in vitro* se mostraram eficientes na avaliação prévia do efeito dos produtos antes de se prosseguir com os experimentos em casa de vegetação.
- Os produtos Frowncide 500 SC<sup>®</sup> e Serenade<sup>®</sup> foram eficientes no controle da sarna da batata nos experimentos em casa de vegetação.
- Os testes com as linhagens de *Bacillus subtilis* mostraram que o comportamento como antagonista é característica particular de cada linhagem.
- O emprego da linhagem de *Bacillus subtilis* IBSBF 898 resultou no controle da sarna da batata nos ensaios *in vivo*.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M. J. Potato tuber lenticels: development and structure. **Annals of Applied Biology**, v. 79, p. 265-273, 1975.

ADAMS, M. J.; LAPWOOD, D. H. Studies on the lenticels development, surface microflora and infection by common scab (*Streptomyces scabies*) of potato tubers growing in wet and dry soils. **Annals of Applied Biology**, v. 90, p. 335-343, 1978.

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**, 4 ed. Academic Press, San Diego, 1997.

AINSWORTH, G. C. Introduction to the History of Plant Pathology. **Cambridge University Press**, p. 319, 1981.

ANDREATTA, A. Variedade Caesar: Boa para o consumidor, muito boa para o produtor, ótima para a bataticultura brasileira! **Batata Show**, ano 2, n. 4, p. 15-16, mai. 2002.

ANTÔNIO, G.; ALCÂNTARA, H. P. **Efeito da aplicação de bacillus subtilis e bioestimulante no desenvolvimento inicial da cultura da batata**. Congresso Paulista de Fitopatologia. Instituto Agronômico – Campinas, SP. 2017.

ANTOUN, H. ,PREVOST, D. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria., In: PGPR: **Biocontrol and Biofertilization**. Springer.Dordrecht Siddiqui, Z.A. (eds), pp. 1-38, 2006.

ARAUJO, F. F., HENNING, A., HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World J. Microbiol. Biotechnol.**, v. 21, p. 1639-1645, 2005.

ARAUJO, F.F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**. v.32, p.456462, 2008.

BABCOCK, M. J.; ECKWALL, E. C.; SCHOTTEL, J. L. Production and regulation of potato-scab-inducing phytotoxins by *Streptomyces scabies*. **Journal of General Microbiology**, v. 139, p. 1579-1586, 1993.

BANG, H. Studies on potato russet scab. I. A characterization of different isolates from northern Sweden. Academic **Agriculture Technicae Olstensis**, v. 29, p. 145-150, 1979.

BEAUSÉJOUR, J. CLERMONT, N.; BEAULIEU, C. Effectos *Streptomyces melanosporofaciens* strain EF-76 and of chitosan on common scab of potato. **Plant and soil**, v.256, p. 463-468, 2003.

BEAUSÉJOUR, J.; CLERMONT, N.; BEAULIEU, C. Effect of *Streptomyces melanosporofaciens* strain EF-76 and of chitosan on common scab of potato. **Plant and Soil**, v. 256, n. 2, p. 463–468, 2003.

BETTIOL, W. Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas / Editado por Wagner Bettiol e Marcelo Augusto Boechat Morandi. -- Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 341 p. 2009.

BONDE, M. R.; McINTYRE, G. A. Isolation and biology of a *Streptomyces* sp. causing potato scab in soils below pH 5,0. **Am. Potato J.** 45: 273-278, 1968.

BOOTH, R. H. Testing varietal reaction of potatoes to common scab (*Streptomyces scabies*) under controlled conditions. **Jornal of National Institute of Agriculture and Botany**. p. 119-123, 1970.

BOUCHEK-MECHICHE, K.; GARDAN, L.; NORMAND, P.; JOUAN, B. DNA relatedness among strains of *Streptomyces* pathogenic to potato in France: description of three new species, *S. europaeiscabiei* sp. nov. and *S. stelliscabiei* sp. nov. associated with common scab, and *S. reticuliscabiei* sp. nov. associated with netted scab. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 50: 91-99, 2000.

BRISOLLA, A.D.; NAZARENO, N.R.X.; TRATCH, R.; FURIATTI, R.S. E FILHO, D.S.J. Manejo Integrado das Principais Doenças e de Pragas a Cultura da Batata. **Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR**, n 124, p. 40, 2002.

CAMARGO, L. E. A.; BERGAMIN FILHO, A. Controle genético. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Eds.) **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**, Agronômica Ceres, p. 729760, 1995.

CAMPARONI, R. **Caracterização da diversidade genética de linhagens de *Streptomyces scabiei* e avaliação do potencial antagônico de micro-organismos no controle da sarna da batata**. Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico, São Pulo, 2015. 65p.

CAMPOS SILVA, J.R.; SOUZA, R.M.; ZACARONE, A.B.; SILVA, L.H.C.P.; CASTRO, A.M.S. Bactérias endolíticas no controle e inibição in vitro de *Pseudomonas syringae* pv. tomato, agente da pinta bacteriana do tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1062-1072, 2008.

CANO, R.J.; BORUCKI, M.K. Revival and Identification of Bacterial Spores in 25- to 40Million- Year-Old Dominican **Amber**. **Science**, v.268, p. 1060-1064, 1995.

CHEN, H.; XIAO, X.; WANG, J.; WU, L.; ZHENG, Z.; YU, Z. Antagonistic effects of volatiles generated by *Bacillus subtilis* on spore germination and hyphal growth of the plant pathogen, *Botrytis cinerea*. **Biotechnology Letters**, v.30, p.919–923, 2008.

COMPANT, S.; DUFFY, B.; NOWAK, J.; CLÉMENT, C.; BARKA, E.A. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 71, p. 4951-4959, 2005.

CORRÊA, D. B. A. **Caracterização morfológica, patogênica e molecular de linhagens de *Streptomyces* associadas à sarna da batata de diferentes regiões produtoras do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2011. 169p.

D'AGOSTINO, F.; MORANDI, M.A.B. Análise da viabilidade comercial de produtos à base de *Bacillus subtilis* e *Bacillus pumilus* para o controle de fitopatógenos no Brasil. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**, BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B., 2009.

DAVIDSE, L. C.; GERRITSMA, O. C. M.; IDELER, J.; PIE, K.; VELTHUIS, G. C. M. Antifungal modes of action of metalaxyl, cyprofuram, benalaxyl and oxadixyl in phenylamide-sensitive and phenylamide-resistant strains of *Phytophthora megasperma* f. sp. *medicaginis* and *Phytophthora infestans*. **Crop Protection**, v. 7, p. 347-355. 1988.

DAVIS, J.R.; McDOLE, R.E.; CALLIHAM, R.H. Fertilizer effects on common scab of potato and the relation of calcium and phosphate-phosphorus. **Phytopathology**, v.66,n.10, p. 1236-1241, 1976.

DEES, M. W.; WANNER, L. A. In search of better management of potato common scab. **Potato Research**, v. 55, p. 249-268, 2012.

DELEO, J. P. B.; CARDOSO, F. Especial Batata: Gestão sustentável. Custos de produção em alta nos últimos anos. **Hortifruti Brasil**, p. 8-24, out. 2014.

DIPPENAAR, B. J. Environmental and control studies of the common scab disease of potatoes caused by *Actinomyces scabies*. **Guss. Union S. Africa Dept. Agr. Sci. Bull.** v. 136, p. 1-78, 1933.

DOERING-SAAD, C.; KÄMPFER, P.; MANULIS, S.; KRITZMAN, G.; SCHNEIDER, J.; ZAKRZEWSKA-CZERWINSKA, J.; SCHREMPF, H.; BARASH, I. Diversity among *Streptomyces* strains causing potato scab. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 58, n. 12, p. 3932-3940, 1992.

DOUMBOU, C. L.; SALOVE, M. K. H.; CRAWFORD, D. L.; BEAULIEU, C. Actinomycetes, promising tools to control plant diseases and to promote plant growth. **Phytoprotection**, v. 82, n. 3, p. 85–102, 2001.

EMILSSON, B; N. GUSTAFSSON. Scab resistance in potato varieties. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 3, n. 1, p. 33-52, 1953.

ERRAKHI, R.; DAUPHIN, A.; MEIMOUN, P.; LEHNER, A.; REBOUTIER, D.; VATSA, P.; BRIAND, J.; MADIONA, K.; RONA, J.; BARAKATE, M.; WENDEHENNE, D.; BEAULIEU, C.; BOUTEAU, F. An early Ca<sup>2+</sup> influx is a prerequisite to thaxtomin A-induced cell death in *Arabidopsis thaliana* cells. **Journal of experimental botany**. 2008.

EUZÉBY, J. P. LPSN (List of prokaryotic names with standing in nomenclature internet) Última atualização: Junho, 2013. Disponível em: <http://www.bacterio.net/>. Acesso: 23 de Dezembro de 2015.

EVANGELISTA-MARTINEZ, Z. Isolation and characterization of soil *Streptomyces* species as potential biological control agents against fungal plant pathogens. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 30, n. 5, p. 1639-1647, 2014.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Strengthening potato value chains: technical and policy options for developing countries. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/013/i1710e/i1710e.pdf>. 2010.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Strengthening potato value chains: technical and policy options for developing countries. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/013/i1710e/i1710e.pdf>. 2008.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Why potato?, 2008. Disponível em: <http://www.fao.org/potato-2008/en/aboutiyp/index.html>. Acesso em: 28 de dezembro de 2015.

FAUCHER, E.; PARADIS, E.; GOYER, C.; HODGE, N. C.; HOGUE, R.; STALL, R. E.; BEAULIEU, C. Characterization of *Streptomyces* causing deep-pitted scab of potato in Québec, Canada. **Int. J. Syst. Bacteriol.** 45: 222-225, 1995.

FAUCHER, E.; PARADIS, E.; GOYER, C.; HODGE, N. C.; HOGUE, R.; STALL, R. E.; BEAULIEU, C. Characterization of *Streptomyces* causing deep-pitted scab of potato in Québec, Canada. **Int. J. Syst. Bacteriol.** 45: 222-225, 1995.

FAUCHER, E.; SAVARD, T.; BEAULIEU, C. Characterization of actinomycetes isolated from common scab lesions on potato tubers. **Can. J. Plant Pathol.** 14: 197-202, 1992.

FAUCHER, E.; SAVARD, T.; BEAULIEU, C. Characterization of actinomycetes isolated from common scab lesions on potato tubers. **Can. J. Plant Pathol.** 14: 197-202, 1993.

FIERS, M.; EDEL-HERMANN, V.; CHATOT, C.; HINGRAT, Y. L.; LABOUVETTE, C.; STEINBERG, C. Potato soil-borne diseases. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, p. 93-132, 2012.

FISCHER, I. H.; MARTINS, M. C.; LOURENÇO, S. S. A.; KIMATI, H. Efeito de fertilizantes e fungicidas na incidência da sarna da batata. **Batata show**. n. 11, v. 5, 2005.

FISCHER, I. H.; TEIXEIRA, A. P. M.; TOFFANO, L. GARCIA, E. O. Reação de cultivares de batata a *Streptomyces scabies*, agente causal da sarna comum profunda. **Summa Phytopathologica**. n. 35, v. 3, p. 219-222, 2009.

FLORES-GONZÁLEZ, R.; VELASCO, I.; MONTES, F. Detection and characterization of *Streptomyces* causing potato common scab in Western Europe. **Plant Pathology**, v. 57, p. 162-169, 2008.

GARCIA, E. O. **Resistência de cultivares de batata (*Solanum tuberosum*) à sarna comum (*Streptomyces* spp.) e mecanismo de ação da fitotoxina taxtomina A em sorgo (*Sorghum bicolor*): aspectos bioquímicos e ultraestruturais**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba. 2008. 92p. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11135/tde-21082008-153819/pt-br.php>

GOSWAMI, D.; THAKKER, J. N.; DHANDHUKIA, P. C. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). **Soil & crop sciences**, v. 2, 1-19, 2016.

GOUWS, R. **Etiology and integrated control of common scab on seed potatoes in South Africa**. MSc Thesis, Univ. Pretoria, África do Sul, 118 p., 2006.

GOUWS, R.; WEHNER, F. C. Biofumigation as alternative control measure for common scab on seed potatoes in South Africa. **Agroindustria**. v. 3, p. 5-8, 2004.

GOYER, C.; FAUCHER, E.; BEAULIEU, C. *Streptomyces caviscabiei* sp. nov., from deep-pitted lesions in potatoes in Québec, Canadá. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 46, p. 635-639, 1996.

GRIGOLETTI JR, A; SANTOS, A.F dos; AUER, C.G. **Perspectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais**. In: *Floresta*, v. 30. 200 p.2000.

HAN, J.S; CHENG, J.H.; YOON, T.M.; SONG, J.; RAJKARNIKAR, A.; KIM, W.G.; YOO, I.D.; YANG, Y.Y. Biological control agent of common scab disease by antagonistic strain *Bacillus* sp. Sunhua. **Journal of Applied Microbiology**. Vol. 99, 213-221, 2005.

HARRISON, M. D. Potato russet scab, its cause and factors affecting its development. **American Potato Journal**, v. 39, p. 368-387, 1962.

HAYNES, K. et al. Common Scab Trials of Potato Varieties and Advanced Selections at Three U.S. Locations. **American Journal of Potato Research**, v. 87, n. 3, p. 261-276, 2010.

HENRIQUES, A.O.; MORAN JUNIOR, C.P. Structure and assembly of the bacterial endospore coat. **Methods**, v.20, p.95-110, 2000.

HERMOSA, M. R.; GRONDONA, I.; ITURRIGA, E. A.; DIAZ-MINGUEZ, J. M.; CASTRO, C.; MONTE, E.; GARCIA-ACHA, I. Molecular characterization and identification of biocontrol isolates of *Trichoderma* spp. **Applied and environmental microbiology**, 2000.

HILTENEN, L. H.; OJANPERA, T.; KORTEMMAA, H.; RICHTER, E.; LEHTONEN, M. J.; VALKONEN, J. P. T. Interactions and biocontrol of pathogenic *Streptomyces* strains co-occurring in potato scab lesions. **Journal of Applied Microbiology**, v. 60, n. 3, p. 426-435, 2005.

HILTUNEN, L.; VALKONEN, J. P. T. Alternative methods for control of potato common scab. MTT **Agrifood Research Finland**. **PTDW Hamar Norway** 16-18, 2011.

HOOKER, W. J. Common Scab. In: Compendium of Potato Diseases. W. J. Hooker ed. **American Phytopathological Society**, St. Paul MN. 125 p, p. 33-34, 1981.

HOSNY, M.; ABO-ELYOUSR, K. A. M.; ASRAN, M. R.; SAEAD, F. A. Chemical control of potato common scab disease under field conditions. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, 2014.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Levantamento Sistemático da produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, v. 29, n. 3, p. 181, 2015. Disponível em: [ftp.ibge.gov.br/producao\\_agricola/levantamento\\_sistemático\\_da\\_producao\\_agricola](ftp.ibge.gov.br/producao_agricola/levantamento_sistemático_da_producao_agricola). Acesso em 09 de janeiro de 2018.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**.23 (11): 1-80, 2017.

IMARK, M. Produção de Batata na Região de São Mateus do Sul. **Batata Show**, ano 7, n. 17, p. 10, abr. 2007.

IPC (International Potato Center). Potato Facts and Figures. Disponível em: <https://cipotato.org/crops/potato/>. Acesso em: maio 2018.

JADOSKI, S. M.; MAGGI, A. S. L.; BRUNETTA, L.; WAZNE, R. Sucessão de culturas na fitossanidade e produtividade da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). Pesquisa **Aplicada & Agrotecnologia**, v. 2, n. 1, p. 161-166, 2009.

JAMIL, B., HASAN, F., HAMEED, A. Isolation of bacillus subtilis MH-4 from soil and its potential of polypeptidic antibiotic production. **Pak. J. Pharm. Sci.**, v. 20, n. 1, p. 26-31, 2007.

JHA, C. K.; SARAF, M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). **Journal of Agricultural Research and Development**, v 5(2). p108-119, 2015.

JÖNK, M. W.; TODESCATO, D.; MAASS, D.; OLIVEIRA, D.; ULSON DE SOUZA, A. A.; GUELLI U. SOUZA, S. M. A. Estudo de meio de cultura para *Bacillus subtilis* CCT516 utilizando técnica de planejamento experimental. **Congresso brasileiro de engenharia química**, 2014.

JOSHI, B. B.; BHATT, R. P.; BAHUKHANDI, D. Antagonistic and plant growth activity of *Trichoderma* isolates of Western Himalayas. **Journal of environmental biology**, 2010.

KIM, W. G.; WEON, H. Y.; SEOK, S. J.; LEE, K. H. *In vitro* antagonistic characteristics of Bacilli isolates against *Trichoderma* spp. And three species of mushrooms. **Mycobiology**. 36, p. 266-269. 2008.

KLOEPPER, J. W.; SCHROTH, M. N. Plant growth-promoting rhizobacteria and plant growth under gnotobiotic conditions. **Ecology and Epidemiology**. 71: 642-644, 1980.

KRAINSKY, A. Die aktinomyceten und ihren Bedeutung in der Natur. **Zentralbl Bakteriol Parasitenkd Infektionskr Hyg Abt II**, v.41, p. 649-688, 1914.

KREUZE, J. F. ; SUOMALAINEN, S.; PAULIN, L.; VALKONEN, J. P. T. Phylogenetic analysis of 16S rRNA genes and PCR analysis of the nec1 gene from *Streptomyces* spp. causing common scab, pitted scab, and netted scab in Finland. **Phytopathology**, v.89, p.462-469, 1999.

KULIKOVA, G. A. Borax against common scab. **Potato abstracts**. v. 7, 1982.

LABEDA, D. P.; LYONS, A. J. DNA relatedness among strains of the sweet potato pathogen *Streptomyces ipomoea* (Person and Martin 1940) Waksman and Henrici 1948. **Appl Environ Microbiol** 58: 532-535, 1992.

LAMBERT, D.H.; LORIA, R. *Streptomyces acidiscabies* sp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.39, p.393–396, 1989b.

LAMBERT, D.H.; LORIA, R. *Streptomyces scabies* sp. nov., nom. rev. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 39, p 387–392, 1989a.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Tropica – Ciências Agrárias e Biológicas**. v. 4, N. 2, p. 12, 2010.

LAPWOOD, D. H.; ADAMS, M. J. Mechanisms of control of common scab by irrigation. **Biology and control of soil-borne plant pathogens**. 1975.

LAPWOOD, D. H.; HERING, T. F. Soil moisture and the infection of Young potato tubers by *Streptomyces scabies* (common scab). **Potato Research**, v. 13, n. 4, p. 296-304, 1970.

LAPWOOD, D. H.; LEWIS, B. G. Observation on the timing of irrigation and the incidence of potato common scab (*Streptomyces scabies*) on young potato tubers. **Annals of Applied Biology**. p. 277-283. 1967.

LARKIN, R. P.; GRIFFIN, T. S.; HONEYCUTT, C. W. Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. **Plant Disease**, v. 94, p.1491–1502, 2010.

LARKIN, R. P.; HONEYCUTT, C. W.; GRIFFIN, T. S.; OLANYA, O. M.; HALLORAN, J. M.; HE, Z. Effects of different potato cropping system approaches and water management on soilborne diseases and soil microbial communities. **Phytopathology**, v. 101, p. 58–67, 2011.

LAUZIER, A. et al. Effect of amino acids on thaxtomin A biosynthesis by *Streptomyces scabies*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 48, n. 4, p. 359-364, 2002.

LEWIS, B. G. Effects of water potential on the infection of potato tubers by *Streptomyces scabies* in soils. **Annals of Applied Biology**, v. 66, p. 83-88, 1971.

LEYVA-MIR, S. G.; GARAY-LIZÁRRAGA, F.; ALVARADO-GOMEZ, O. G.; CASTILLO-MARQUEZ, L. E.; TOVAR-PEDRAZA, J. M. Detección y control de *Streptomyces scabies* Lambert e Loria em tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el valle del mayo, sonora, Mexico. **Chilen J. Agric. Anim. Sci.** v. 30, p. 5-13, 2014.

LINDHOLM, P.; KORTEMA, H.; KOKKOLA, M., HAAHTELA, K.; SALKINOJASALONEN, M.; VALKONEN, J. P. T. *Streptomyces* spp. isolated from potato scab lesions under Nordic conditions in Finland. **Plant Disease**, v. 81, p. 1317-1322, 1997.

LINDHOLM, P.; KORTEMA, H.; KOKKOLA, M.; HAAHTELA, K.; SALKINOJASALONEN, M.; VALKONEN, J. P. T. *Streptomyces* spp. isolated from potato scab lesions under Nordic conditions in Finland. **Plant Disease**, v. 81, p. 1317-1322, 1997.

LIU, D.; ANDERSON, N. A.; KINKEL, L. L. Biological control of potato scab in the field with antagonistic *Streptomyces scabies*. **Phytopathology**, v. 85, p. 827-831, 1995.

LIU, Z.; SHI, Y.; ZHANG, Y.; ZHOU, Z. O.; LU, Z.; LI, W.; HUANG, Y.; RODRIGUEZ, C.; GOODFELLOW, M. Classification of *Streptomyces griseus* (Krainsky 1914) Waksman and Henrici 1948 and related species and the transfer of '*Microstreptospora cinerea*' to the genus *Streptomyces* as *Streptomyces yanii* sp. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** 55: 1605-1610, 2005.

LOBO JÚNIOR, M.; GERALDINE, A. M.; CARVALHO, D. D. Controle biológico de patógenos habitantes do solo com *Trichoderma* spp., na cultura do feijoeiro comum: **Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO. Embrapa Arroz e Feijão**, p. 5, 2009.

LOPES, C.A. Controle integrado das doenças bacterianas da batata. **In Produção integrada da batata**. v 2, 2011.

LOPES, C.A. Doenças causadas por bactérias em batata. **Informe Agropecuário**. v. 18:36-53. 1996.

LOPES, C.A.; BUSO, J.A., Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.). Embrapa Hortaliças, Brasília: **Instruções técnicas da Embrapa Hortaliças**- 8, p. 36, 1997.

LORIA, R.; BUKHALID, R. A.; FRY, B. A.; KING, R. R. Plant pathogenicity in the Genus *Streptomyces*. **Plant Disease**, v.81, n.8, p.836-846, 1997.

LORIA, R.; KERS, J.; JOSHI, M. Evolution of plant pathogenicity in *Streptomyces*. **Annual Review of Phytopathology**, v. 44, p. 469-487, 2006.

MANJULA, K.; PODILE, A.R.. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. **World Journal of Microbiology e Biotechnology**, v.21, p.1057–1062, 2005.

MANZER, F. E.; McINTYRE, G. A.; MERRIAM, D. C. A new potato scab problem in Maine. **Maine Agric. Exp. Sta. Bull.** 85: 1-24, 1977.

MANZER, F. E.; STORCH, R. H.; SEWELL, G. H. Evidence for a relationship between certain soil arthropods and acid scab development. **American Potato Journal**, v. 61, p. 741-746, 1984.

MARGOSSIAN SEMENTES. Batata-Markies. Disponível em: <<http://www.margossian.com.br/batata-markies>> Acesso em 20 fevereiro. 2018.

MAYFIELD, C. I.; WILLIAMS, S. T.; RUDDICK, S. M.; HATFIELD, H. L. Studies on the ecology of actinomycetes in soil. iv. Observations on the form and growth of *Streptomyces* in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 4, p. 79-91, 1972.

MENEZES, C. B. A.; SILVA, B. P.; SOUSA, I. M. O.; RUIZ, A. L. T. G.; SPINDOLA, H. M.; CABRAL, E.; EBERLIN, M. N.; TINTI, S. V.; CARVALHO, J. E.; FOGGIO, M. A.; FANTINATTI-GARBOGGINI, F. In vitro and in vivo antitumor activity of crude 132 extracts obtained from Brazilian *Chromobacterium* sp isolates. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 46, n. 1, p. 65-70, 2013.

MENEZES, C. B. et al. Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, n. 2, p. 145-157, 2001.

MENG, Q; HANSON, L. E.; DOUCHES, D.; HAO, J. J. Managing scab disease of potato and radish caused by *Streptomyces* spp. using *Bacillus amyloliquefaciens* BAC03 and other biomaterials. **Biological Control**. Vol 67, 373-379, 2013.

MILLARD, W. A.; BURR, S. A study of twenty-four strains of *Actinomyces* and their relation to types of common scab of potato. **Ass Appl Biol** 13, 580-644, 1926.

MIYAJIMA, K.; TANAKA, F., TAKEUCHI, T.; KUNINAGA, S. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. **Int. J. Syst. Bacteriol.** 48: 495-502, 1998.

MIZUNO, N.; YOSHIDA, H.; TADANO, T. Efficacy of Single Application Ammonium Sulfate in Suppressing Potato Common Scab. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 46, n. 3, p. 611-616, 2000.

MULDER, A.; TURKENSTEEN, L. J. Potato diseases. **Holland: Aardappelwereld magazine**, 280p, 2005..

NAVARRO, F. M. et al. **Varietal Resistance to Common Scab**. 2012. Disponível em: <<http://horticulture.wisc.edu/wp-content/uploads/2014/03/14-2012-WPVG-Article-Varietal-Resistance-to-Common-Scab-final.pdf>>. Acesso em 22 janeiro. 2018.

NEENO-ECKWALL, E. C.; KINKEL, L. L.; SCHOTTEL, J. L. Competition and antibiosis in the biological control of potato scab. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 332-340, 2001.

NGUGIA, H.K.; DEDEJB, S.; DELAPLANEB, K.S.; SAVELLEA, A.T.; SCHERMA, H. Effect of flower-applied Serenade biofungicide (*Bacillus subtilis*) on pollination-related variables in rabbiteye blueberry. **Biological Control**, v.33, p.32-38, 2005.

NIEDERHEITMANN, M. et al. **Caracterização de clones de batata quanto à reação à sarna comum.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 8, 2015, Goiânia. Anais eletrônicos. Goiânia: UFG, 2016. Disponível em:<[http://www.sbmp.org.br/8congresso/anais/lista\\_area\\_05.htm](http://www.sbmp.org.br/8congresso/anais/lista_area_05.htm)>. Acesso em 04 fev. 2016.

ONGENA, M., ADAM, A., JOURDAN, E., PAQUOT, M., BRANS, A., JORIS, B., ARPIGNY, J.L., THONART, P. Surfactin and fengycin lipopeptides of *Bacillus subtilis* as elicitors of induced systemic resistance in plants. **Environmental Microbiology**, Vol. 9, No. pp. 10841090, 2007.

ORDUÑO-COTA, F. J.; FÉLIX-GASTÉLUM, R.; GÁLVEZ-FIGUEROA, C. A.; HERRERA-RODRÍGUEZ, G.; MONTIEL-GARCÍA, M. A.; RENAUX, M. A. M.; URÍAS, H. P.; ESPINOZA-NAVARRO, C. R.; ORDUÑO-ESPINOZA, F. J.; PALAZUELOS-UNGSON, F.; LÓPEZ-ÁLVAREZ, I.; GASTÉLUM-LÓPEZ, J. A.; LÓPEZ-VERDUZCO, J. E.; ESCALANTE-ARREDONDO, J. D.; ARMENTA-LÓPEZ, S. E.; ZAMUDIO-BURGOS, L. A.; ROCHIN-ZEPEDA, Y. **Identificación y manejo de la roña común de la papa en el Norte de Sinaloa.** Universidad de Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México, 2011.

OTTO-HANSON, L. K.; GRABAU, Z.; ROSEN, C.; SALOMON, C. E.; KINKEL, L.L. Pathogen variation and urea influence selection and success of *Streptomyces* mixtures in biological control. **Phytopathology**, v. 103, p. 34-42, 2013.

PARK, D. H.; YU, Y. M.; KIM; J. S.; CHO, J. M.; HUR, J. H.; LIM, C. K. Characterization of streptomycetes causing potato common scab in Korea. **Plant Disease** 87: 1290-1296, 2003.

PARK, H-S; KILBANE II, .J. J. Rapid detection and high-resolution discrimination of the genus *Streptomyces* based on 16S-23S rDNA spacer region and denaturing gradient gel electrophoresis. **J. Ind. Microbiol. Biotechnol.** 33: 289-297, 2006.

PARNELL, J. J.; BERKA, R.; YOUNG H. A.; STURINO, J. M.; KANG, Y.; BARNHART, D. M.; DILEO, M. V. From the lab to the farm: na industrial perspective of plant beneficial microorganisms. **Frontiers in Plant Science**, 2016.

PEMBERTON, B. The influence of green manure and crop rotation on common scab. **Integrated control of common scab**. 1994.

PEREIRA, A. S.; SUINAGA, F. A. Sistema de produção da Batata. **Publicação Técnica EMBRAPA**, 2016. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>. Acesso: Março 2018.

PERSON, L. H.; MARTIN, W. J. Soil rot of sweet potato in Louisiana. **Phytopathology**, v.30, p. 913-926, 1940.

PETERSON, J.; JAHANSHAH, G.; LI Y, WANG Q.; MEHNAZ, S.; GROSS, H., The contribution of genome mining strategies to the understanding of active principles of PGPR strain. **FEMS Microbiology Ecology**, 2016.

PUNG, H.; CROSS, S. Common scab incidence on seed potatoes, and seed-borne disease control. **Conference proceedings of Potatoes**. 2000.

RICH, A. F. Potato disease. **Academic Press**, New York, 1983.

RODRIGUES NETO, J.; DESTÉFANO, S. A. L.; SHIMOYAMA, N. Y. A sarna da batata causada por *Streptomyces* spp. **Publicação Técnica ABBA**, 31 p., 2008.

ROSAS-GARCIA, N.M. Biopesticide production from *Bacillus thuringiensis*: Na environmentally friendly alternative. **Recent Patents on Biotechnology**, Beijing, v.3, p.28-36, 2009.

RYAN, A. D.; KINKEL, L. L.; SCHOTTEL, L. Effect of pathogen isolate, potato cultivar, and antagonist strain on potato scab severity and biological control. **Biocontrol Science and Technology**, v. 14, n. 3, p. 301-311, 2004.

SCHAAD, N. W.; JONES, J. B.; CHUN, W. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. 3rd edition. **The American Phytopathological Society**, St. Paul, MN, 2001.

SCHOLTE, K.; LABRUYÈRE, R. E. Netted scab: a new name for an old disease in Europe. **Potato Research**, v. 28, p. 443-448, 1985.

SCHOTTEL, J.; SHIMIZU, K.; KINKEL, L. L. Relationships of *in vitro* pathogen inhibition and soil colonization to potato scab biocontrol by antagonistic *Streptomyces* spp. **Biological Control**, v. 20, p. 102-112, 2001.

SHIRLING, E. B.; GOTTLIEB, D. Methods for characterization of *Streptomyces* species. **Int. J. Syst. Bacteriol.** 16: 313-340, 1966.

SILVA FAS, AZEVEDO CAV. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res.* Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522, 2016.

SILVA, G. O. et al. Seleção para caracteres componentes de aparência e rendimento de tubérculo em plântulas de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 325-329, 2008.

SILVA, J. B. T; MELLO, S. C. M. **Utilização de Trichoderma no controle de fungos fitopatogênicos:** Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. 17 p.

SILVA, L. J.; TAKETANI, R. G.; MELO, I. S.; GOODFELLOW, M.; ZUCCHI, T. D. *Streptomyces araujoniae* sp. nov.: an actinomycete isolated from a potato tubercle. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 103, p. 1235-1244, 2013.

SINGH, H.; SONI, P. S. Chemical controlo f common scab of potato. **Plant Disease Research**. v. 2, p. 77-79, 1987.

SINGHAI, P. K.; SARMA, B. SRIVASTAVA, J. S. Biological management of common scab of potato through *Pseudomonas* species and vermicompost. **Biological Control**. v. 57, p. 150-157, 2011.

SOMANI, A. K. Controlo f black scurf (*Rhizoctonia solani*) and common scab (*Streptomyces scabies*) on potato (*Solanum tuberosum*) with boric acid. **Indian Journal of Agricultural Science**. p. 693-698, 1988.

SONG, J.; LEE, S.-C.; KANG, J.-W.; BAEK, H.-J.; SUH, J.-W. Phylogenetic analysis of *Streptomyces* spp. isolated from potato scab lesions in Korea on the basis of 16S rRNA gene and 16S-23S rDNA internally transcribed spacer sequences. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 54: 203-209, 2004.

ST-ONGE, R.; GADKAR, V. J.; ARSENEAULT, T.; GOYER, C.; FILION, M. The ability of *Pseudomonas* sp. LBUM 223 to produce phenazine-1-carboxylic acid affects the growth of *Streptomyces scabies*, the expression of thaxtomin biosynthesis genes and the biological control potential against common scab of potato. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 75, n. 1, p. 173-183, 2011.

ST-ONGE, R.; GOYER, C.; COFFIN, R.; FILION, M. Genetic diversity of *Streptomyces* spp. causing common scab of potato in eastern Canada. **Systematic and Applied Microbiology**. v. 31, p. 474-484, 2008.

STRAGIER, P.; LOSICK, R.. Molecular genetics of sporulation in *Bacillus subtilis*. **Annual Reviews of Genetics**, v.30, p.297-341, 1996.

STURZ, A. V.; RYAN, D. A. J.; COFFIN, A. D.; MATHERSON, B. G.; ARSENAULT, W. J.; KIMPINSKI, J.; CHRISTIE, B. R. Stimulating disease suppression in soils: sulphate fertilizers can increase biodiversity and antibiosis ability of root zone bacteria against *Streptomyces scabies*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, p. 343-352, 2004.

TANAKA, F.; TAKEUCHI, T.; TANII, A.; MIYAJIMA, K.; ABE, H.; KUNINAGA, S. A causal pathogen of scab on potato, *Streptomyces turgidiscabies* n.sp. **Ann. Phytopathol.Soc. Japan**, v.61, p. 253-254 (abstract), 1995.

TAVARES, G.M. **Podridão do pé do mamoeiro: infestação em solos de cultivo, controle alternativo com indutores de resistência e *Trichoderma* e avaliação dos mecanismos de defesa envolvidos**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2009.

TEGG, R. S. et al. Plant cell growth and ion flux responses to the streptomycete phytotoxin thaxtomin A: calcium and hydrogen flux patterns revealed by the non-invasive MIFE technique. **Plant & Cell Physiology**, v. 46, n. 4, p. 638- 648, 2005.

THAXTER, R. The potato scab. **Annual Report of the Connecticut Agricultural Experiment Station**. p. 81-95, 1890.

TÓTH, L., MAEDA, M. TANAKA, F.; KOBAYASHI, K. Isolation and identification of pathogenic strain of *Streptomyces acidiscabies* from netted scab lesions of potato tubers in Hokkaido (Japan). **Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica**, v. 48, p. 575-585, 2001.

V. YOSSEN; R. ROJO; V. BARRERA; G. CHIESSA; G. ZUMELZU; J. COZZI; K. KOBAYASHI; L. GASONI. Effect of green manure and biocontrol agents on potato crop in cordoba, argentina. **Journal of Plant Pathology**, 93 (3), 713-717, 2011.

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and soil**, v. 255, n. 2, p. 571-586, 2003.

WAKSMAN, S. A.; HENRICI, A. T. Family II. *Actinomycetaceae* Buchanan and Family *Streptomycetaceae* Wakesman and Henrici. In: BREED, R. S.; MURRAY, E. G. D.; HITCHENS, A. P. (Eds.). **Bergey's Manual of Determinative Microbiology**, 6th ed. The Williams e Wilks Co., Baltimore, p. 892-980, 1948.

WANNER, L. A. A new strain of *Streptomyces* causing common scab in potato. **Plant Disease**, v. 91, p. 352-359, 2007.

WANNER, L. A. A survey of genetic variation in *Streptomyces* isolates causing potato common scab in the United States. **Phytopatology** 96 (12): 1363-1371, 2006.

WANNER, L. A. High proportions of nonpathogenic *Streptomyces* are associated with common scab resistant potato lines and less severe disease. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 53, n. 9, p. 1062–1075, 2007.

WANNER, L. A.; KIRK, W. W. *Streptomyces* – from basic microbiology to role as a plant pathogen. **American Journal of Potato Research**, v. 92, n. 2, p. 236-242, 2015.

WANNER, L. A.; KIRK, W. W.; QU, X. S. Field efficacy of nonpathogenic *Streptomyces* species against potato common scab. *Journal of applied Microbiology*, v. 116, p. 123-133, 2014.

WANNER, L. A.; KIRK, W. W.; QU, X. S. Field efficacy of nonpathogenic *Streptomyces* species against potato common scab. **Journal of Applied Microbiology**, v. 116, n. 1, p. 123-133, 2013.

WHARTON, P.; DRISCOLL, J.; DOUCHES, D.; KIRK, W. Common scab of potato. 2011. Disponível em: <http://www.potatodiseases.org/scab.html>. Acesso: 20 de maio de 2015.

WIGGINS, B. E.; KINKEL, L. L. Green manures and crop sequences influence potato diseases and pathogen inhibitory activity of indigenous streptomycetes. **Phytopathology**, v. 95, n. 2, p. 178-185, 2005.

WILLIAMS, S. T., DAVIES, F. L., MAYFIELD, C. I.; KHAN, M. R. Studies on the ecology of actinomycetes in soil II. The pH requirements of *Streptomyces* from two acid soil. **Soil Biology and Biochemistry**, p. 187-195, 1971.

WILSON, C. R.; PEMBERTON, B. M.; RANSON, L. M. The effect of irrigation strategies during tuber initiation on marketable yield and development of common scab disease of potato in Russet Burbank in Tasmania. **Potato Research**, v. 44, p. 243-251, 2001.

WILSON, C. R.; RANSON, L. M.; PEMBERTON, B. M. The relative importance of seed-borne inoculum to common scab disease of potato and the efficacy of seed tuber and soil treatments for disease control. **Journal of Phytopathology**, 2008.

WILSON, C. R.; RANSON, L. M.; PEMBERTON, B. M. The relative importance of seedborne inoculums to common scab disease of potato and the efficacy of seed tuber and soil treatment for disease control. **Journal of Phytopathology**, v. 147, p. 13-18, 1999.

YAO, A.; BOCHOW, H.; KARIMOV, S.; BOTUROV, U.; SANGINBOY, S.; SHARIPOV, A. EFFECT OF FZB 24R *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v.39, p.323-328, 2006.

YOSSEN, V.; ROJO, R.; BARRERA, V.; CHIESSA, G.; ZUMELZU, G.; COZZI, J.; KOBAYASHI, K.; GASONI, L. Effect of green manure and biocontrol agentes on potato crop in Cordoba, Argentina. **Journal of Plant Pathology**, v. 93, p. 7,13-717, 2011.

ZADEH, M.K, BONJAR,G.H.S; FARROKHI, P.R; GHASEMI,A.;AGHIGHI, S.;MAHDAVI, M.J. Antagonistic potencial of two native *Streptomyces* strains in biocontrol of the major causals of common scab of potato in Iran. **Asian Journal of Plant Sciences** 5 (1): 5-8, 2006.

ZAMBOLIM, L.; CASSIA, R. M.; PIKANÇO, M. C.; PÁDUA, J.G.; ZAMBOLIM, E. M.; MESQUITA, H. A.; LOPES, C. A.; MANTOVANI, E. C.; QUEIROZ, M. E.; MELO, P. C. T.; PALOCCI NETO, O.; RIBEIRO, J. D. R.; RIBEIRO NETO, A. E. Produção Integrada: Base da sustentabilidade da bataticultura. In: **Produção Integrada da Batata**, 2011.

ZAMBOLIM, L.; CÁSSIA, R. M.; PIKANÇO, M.C.; MANTOVANI, E. C.; QUEIROZ, M. E.; SOUZA, D. O.; BITTENCORT, L.; DUARTE, H. S. S.; PALOCCI NETO, O.; RIBEIRO, J. D. R.; PADUA, J. G. Produção Integrada de Batata. In: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. Brasília: Mapa, 2009.